I/F BOOKS

最新フロッピ・ディスク装置とその応用ノウハウ

標準/ミニ/マイクロ FDDシステムの基礎・設計・活用

高橋昇司 著



最新フロッピ・ディスク装置とその応用ノウハウ

標準/ミニ/マイクロFDDシステムの基礎・設計・活用

高橋昇司 著

CQ出版社

まえがき

フロッピ・ディスク装置（FDD）はマイコン，パソコン，OA機器（とくにワードプロセッサ）の発展にともない大きな延びを示し，現在ではどこでも見かけ，FDDシステムはだれでもが使えるようになってきている．このように発展したFDDであるが，これをまとめて解説した本，文献はほとんどない．またFDDのアプリケーションについてのものもない．そのため，FDDの応用技術は各システム・メーカまたは開発担当者個人個人のノウハウになっている．開発担当が替わるせいか，とくに新しいシステムの開発時はトラブル発生が多い．

本書は著者の約8年間のFDDの開発およびFDD応用技術の開発や，FDDユーザのトラブル・シュート応援などの経験をもとに，FDDの応用技術を中心にまとめたものである．月刊誌『インターフェース』1983年5月号の「フロッピ装置の最近動向とコントローラ設計技術」に不足の部分を加筆して完成した．

第1章では簡単にFDDの歴史にふれるとともに，各種FDDの特徴を説明している．とくに新しい規格である3インチ，3.5インチFDDについてはすこし詳しく説明した．IBM製4インチFDDは1983年2月に発表になり本書を書き始めた同年9月には同社が3または3.5インチに切り替えるということで製造中止となったが，そのユニークな機構を説明したいこともあり，残してある．

第2章ではFDDの機構について過去のものも含め説明してある．

第3章では，おもに8インチ，5¼インチFDDの薄型化技術，高密度化技術について説明している．

第4章では各種FDDのインターフェースについて説明している．

第5章ではディスクおよびフォーマットについて，とくにIBMフォーマットを中心に詳しく説明している．

第6章では倍密度(MFM)記録方式を行うにあたっての技術的問題点およびその解決法を説明している．

第7章ではFDD用コントローラ（FDC）を紹介し，それぞれの特徴を説明している．なお，MB8876についてはすこし詳しく説明してある．また，この章の最後のFDC使用上の注意事項はシステム開発技術者諸氏にはかなり参考になると思う．

第8章はVFO回路および市販VFO ICの説明である．FDDシステムの信頼性をきめる大きなファクタであるVFO回路はシステム開発技術者の責任分担であり，充分研究し

てほしいところである.

第9章ではFDCとFDDとの接続列を示している.

第10章ではFDD使用上の注意事項として，ノイズ対策，エラー処理など，役に立つ項目をまとめている.

最後に付録としてFDDで用いる特殊な用語の説明集がつけてある．本文中でとくに説明なく使用した用語などが詳しく説明されているので，ぜひ目を通してほしい.

本書は，おもにFDDを使用するシステムの開発技術者を対象に，数あるFDDの中から目的に合うFDDを選定し，できるだけトラブルなく使用できるよう，おもにアプリケーション技術を中心にまとめたが，FDDシステムのサービス技術者，FDDおよびFDD関連部品（ディスク，FDC，VFO，FDD用ICなど）の開発技術者にも充分参考になると思う．またFDDシステムの使用者にも知っておいてほしい点も，できるだけ盛りこんだつもりである.

著者の浅学のため思わぬ独りよがりや，誤りがあるかもしれない．そのときはどうか，読者諸氏の御叱正をお願いしたい．また，何分にも変化の早いこの業界なので，今日正しかったことが明日には逆のことになるかもしれない．本書がもし版を重ねられるのであれば，そのつど最新の情報を追加し，入れ替えてゆきたいと思っている.

本書がすこしでもFDDおよびFDDシステムの発展に寄与できればさいわいである.

末筆ながら，本書は『インターフェース』1979年7月号に手嶋 勉氏が書かれた「両面倍密度フロッピー・ディスクのすべて」からかなりの図表などを引用させていただいた．書上を借りて深謝いたします.

また，FDD技術に関し大きな御指導をいただき，本書を発行するに当たっては貴重な御助言とていねいな校閲をしていただいた和田谷伸一郎氏，七井貞明氏，および，月刊誌『インターフェース』に掲載の段階からお世話いただいた同誌編集部，金子俊夫氏に深く感謝いたします.

さらに資料，サンプルなどで多くの便宜をはかっていただいた富士通(株)，日本電気(株)，(株)日立製作所，東京エレクトロン(株)の関係各位に厚くお礼申し上げます.

1984年　春　　　　著者

目　次

●カバー　デザイン／宰　良二
撮影／佐瀬　真
●編集担当／金子俊夫

第1章

フロッピ・ディスク装置の開発動向

米国IBMが，現在のフロッピ・ディスクの基本となっている8インチ片面ディスクを使用したIBM 3740 データ・エントリ・システムを発表したのが1972年，また米国シュガート社が5¼インチのディスケット(ミニフロッピ)を使用するフロッピ・ディスク装置(以下FDDと略す)を発売したのが1976年で，フロッピ・ディスクの歴史はまだわずかしかないが，FDDはパーソナル・コンピュータ，オフィス・コンピュータ，OA機器などの需要に支えられ，急激な伸びを示している．

当初，片面だったこれらのFDDはシステムの高性能化に対応し，片面から両面へ，また記録方式が単密度から倍密度へ改良され，記録容量が2倍，4倍と増えた．また5¼インチFDDはトラック密度を倍にすることにより，8倍の記録容量になった．システムの小型化への対応としては，装置の薄型化が進んでおり，フレームの厚みが従来の1/2〜1/3のものもあらわれている(**写真1.1**)．

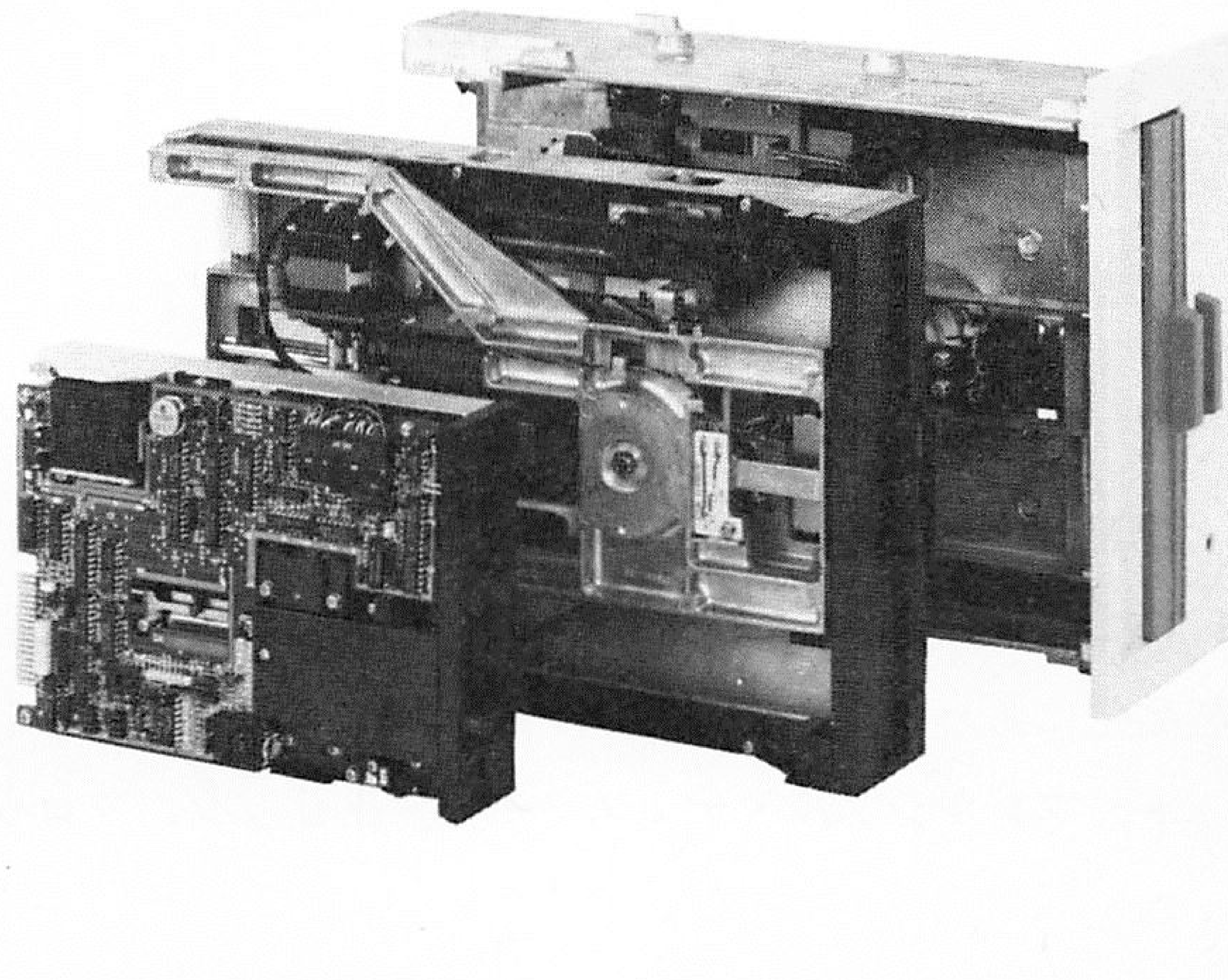
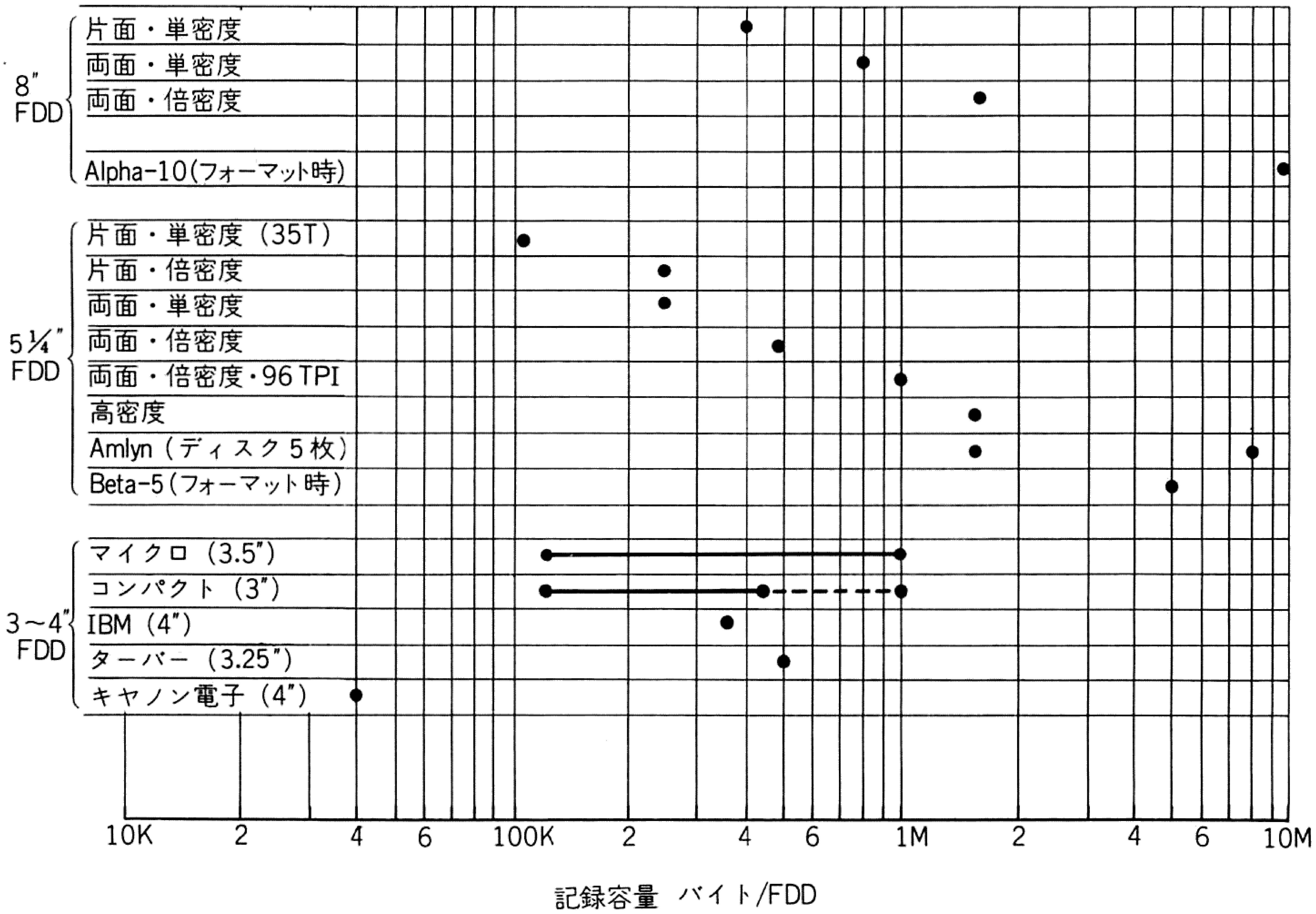


写真1.1 小型化，薄型化するフロッピ・ディスク・ドライブ(高密度・薄型5インチYD-380T(左)，薄型8インチYD-180(中)，標準型8インチYD-174(右))

さらに小型のFDDとして最近話題になっているのが，マイクロ・フロッピ/コンパクト・フロッピなどと呼ばれている3～4インチ・サイズのFDDであり，今後の成長が期待される．

図1.1にこれらFDDのデータ容量を示す．

図1.1　各種FDDの記録容量(アンフォーマット時)



1.1　8インチFDD

IBM 3740に使用されていたFDDは片面，単密度で約250 Kバイトの容量であったが，表1.1に示すように，その後，両面化，倍密度化とすることで容量を倍々としてきた．IBMの製品化にあわせ，内外のFDDメーカはIBMの発表より1～2年遅れで，ディスク(ディスケット，フレキシブル・ディスク・カートリッジ，フロッピ・ディスクなどと呼ばれるが，

表1.1 IBMフロッピ・ディスク装置の変遷[4)]

製品発表時期	1972年9月	1976年4月	1977年4月
適用システム	・3740シリーズ ・システム32	・3600シリーズ ・シリーズ1	・システム34
フロッピ・ディスク装置	33FD	43FD	53FD
記憶媒体	Diskette 1	Diskette 2	Diskette 2D
記録形式	片面・単密度	両面・単密度	両面・倍密度
データ・トラック数	73トラック/ディスク	148トラック/ディスク (74シリンダ/ディスク)	148トラック/ディスク (74シリンダ/ディスク)
転送速度	250kビット/s	250kビット/s	500kビット/s
記憶容量	0.25Mバイト/ディスク	0.56Mバイト/ディスク	1.2Mバイト/ディスク

本書ではディスクと呼ぶ)を介して互換性のあるFDDを開発，製品化し，システム・メーカへ供給してきた．ただ，ディスク1枚当たりの容量は，1977年以来1.6Mバイト(両面，倍密度)から増えておらず，システムの高性能化にともない，より大容量で高性能なFDDの要求が高まっている．一部，海外のメーカでは大容量8インチFDDを発売しているが，もともとIBMとの互換性があることで発展してきた8インチFDDでは，IBM以外の動向はなかなか受け入れられないようである．2～3年前まではIBMの大容量8インチFDDの噂がだいぶ伝わってきたが，最近では聞こえてこない．

この8インチFDDの特徴は，なんといってもIBMシステムとの互換性にある．8インチ・ディスクと同一の記録容量をもつ5¼インチFDD(高密度5¼インチFDD)が開発されたいま，互換性を必要としない用途では8インチFDDは使われなくなるかもしれない(現にそうなりつつある)が，データの互換がすこしでも考えられるシステムでは，80欄紙カードが今でも使用されているように，ここしばらくはなくならないだろう．

8インチFDDのメーカ，型式を選択するとき注意しなければいけないのは，FDDのサイズとインターフェースである．IBMが規格を出したのは，ディスクとフォーマットだけであり，装置サイズとインターフェースは定まっていなかった．このため，現在でも各FDDメーカの製品には完全な互換性はない．サイズ的には微妙なものだが，インターフェースはまったく互換性のないものが何種類もある．これについては，のちほど詳しく説明する．

ディスク当たりの大容量化のかわりに1981年夏ごろよりフレーム厚を従来の1/2に薄くし，長さも若干短くした薄型8インチFDDが発表されはじめ，現在ではこの薄型FDDが主流になっている．この薄型化にともない，つぎのようにいくつかの改良が加えられた．

従来，ディスクの駆動用モータに使用するAC電源を含め3～4種類の電源が必要だったが，薄型8インチFDDではほとんどが＋5Vおよび＋24Vの2種類の電源で動作可能になった．ヘッド位置決め機構は従来より各種の方式が用いられているが(詳細は後述する)，薄型8インチFDDでは，摩擦ロスが少なく，小電力で高速なヘッド送りができ，構造も簡単なα巻スチール・ベルト方式をほとんどのメーカが採用した．ディスクを駆動するドライブ・モータは従来のACシンクロナス・モータからDCサーボ・モータになり，さらにダイレクト・ドライブ・モータ化の方向にある．開発時期の早かったワイ・イー・データ製YD-180がブラシレス・モータによるベルト駆動を使用しているのと，NEC製FD 1165がブラシ付きダイレクト・モータを使用している以外は，ほとんどがブラシレス・ダイレクト・ドライブ・モータになっている．

ディスクのセット・クランプは，従来ほとんどドア方式であったのに対し，薄型では設

表1.2　YD-180の性能

性能		単密度	倍密度
記憶容量	アンフォーマット時	0.8Mバイト	1.6Mバイト
	IBMフォーマット	0.56Mバイト	1.2Mバイト
記録密度		3408 BPI	6816 BPI
トラック密度		48 TPI	48 TPI
シリンダ総数		77	77
トラック総数		154	154
記録方式		FM	MFM
媒体回転速度		360 rpm	360 rpm
データ転送速度		250kビット/s	500kビット/s
平均回転待時間		83 ms	83 ms
アクセス時間	平均アクセス時間	91 ms	91 ms
	トラック間	3 ms	3 ms
	セトリング時間	15 ms	15 ms
ヘッド・ロード時間		50 ms	50 ms
モータ起動時間		2 s	2 s

計のしやすいレバー方式も現れている.

表1.2～**1.4**にYD-180の基本仕様を，**図1.2**に構成図を示す．そして，**表1.5**に国内各社のFDD一覧表を示す.

表1.3　YD-180の設置条件

電源条件	DC＋24V±10%，1.0A max　0.5A typ DC＋5V±5%，1.3A max　0.9A typ		
消費電力	30W 以下　17W typ		
環境条件		動 作 時	非 動 作 時
	温度	10～43℃	−10～45℃
	湿度	20～80% RH	8～80% RH
	最大湿球温度	29℃ 以下	結露しないこと
	振動	0.25G 以下	3G 以下
	衝撃		5G 以下
外形寸法	57(厚み)×217(幅)×320(奥行)mm		
重　　量	3.5kg		
設置方向	3方向		

表1.4　YD-180の信頼性および保守性

エラー・レート	シ ー ク ・ エ ラ ー	10^6 シークに1回
	リカバブル・リード・エラー	10^9 ビットに1回 注1)
	ノンリカバブル・リード・エラー	10^{12} ビットに1回
MTBF		10,000 通電時間 注2)
MTTR		0.5 時間
PM(予防保善期間)		6,000時間または2年
設 計 寿 命		15,000時間または5年
メディア寿命		3.5×10^6 パス/トラック
CE ディスク 注3)		YD-195

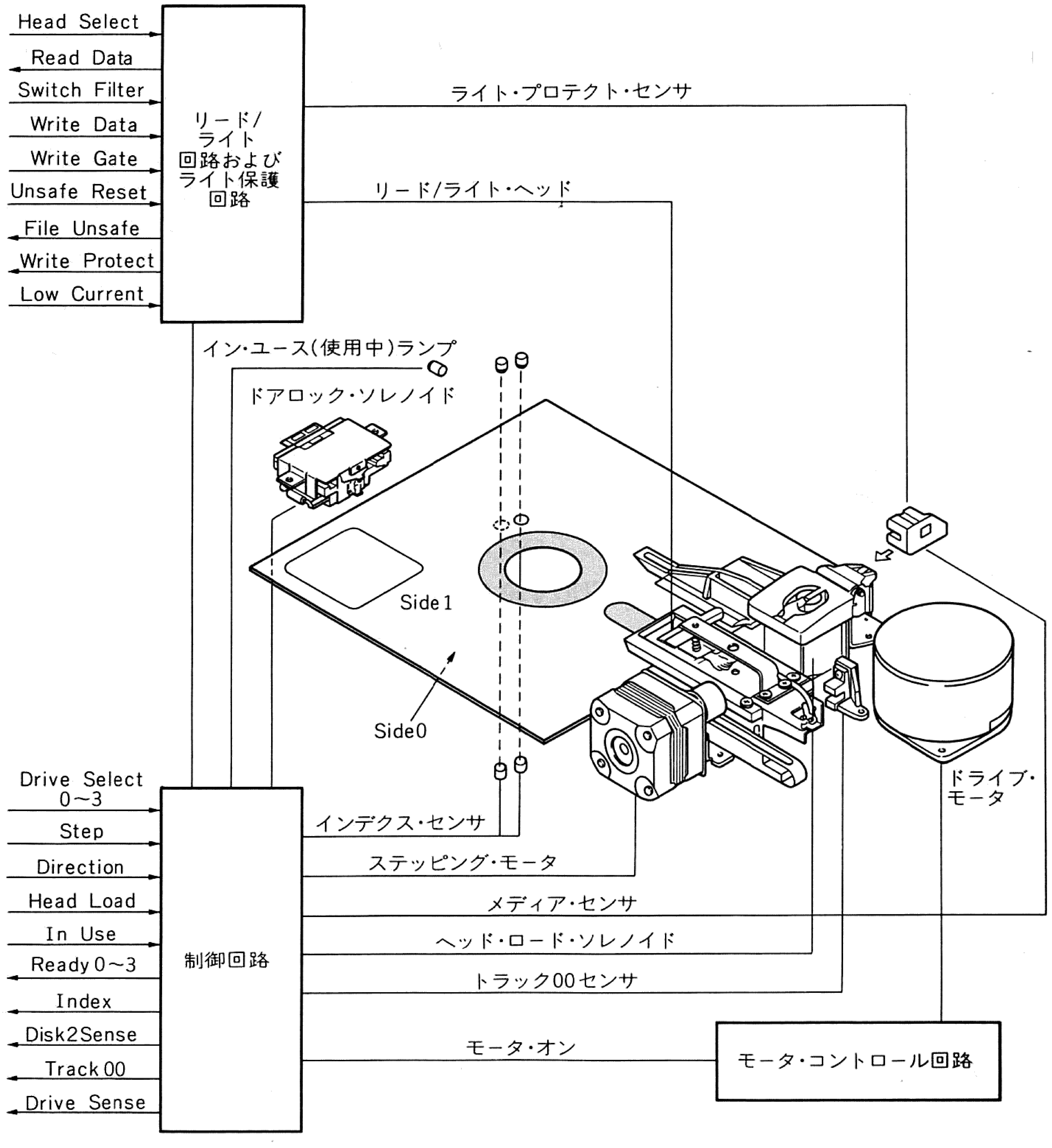
注1) リカバブル・リード・エラーは，リトライ2回までとする(3回読出し)．注2) 初期動作200時間を除く．注3) Customer Engineer Disk

表1.5　国内各社の主な5¼インチ，8インチFDD[3]

メーカ	5¼インチ					8インチ	
	48 TPI		96 TPI				
	片面	両面倍密度	片面	両面	高密度	片面	両面倍密度
ワイ・イー・データ		YD-274 YD-580		YD-280 YD-480	YD-380T YD-380	YD-74C	YD-174D，YD-180
三菱電機		M4851		M4853 M4852	M4854 M4855[2]	M892	M2894，M2896
松下通信工業	JK-874 JA-221	JK-875 JA-251 JA-551		JA-561	JU-581 JU-591	JK-880	JK-888，JA-751
東京芝浦電気	ND-01	ND-02D ND-04D		ND-06D		ND-10	ND-20D，ND-40D
日立製作所		HFD505B		HFD510C	HFD516B	FDD-101A	FDD-201，FDD-402D FDD-401，FDD-412
日本電気						FD1164	FD1160，FD1165
リコー							RF8160
アルプス電気	AFD5100 FDD2100 FDD3100 AFD211	AFD5200 FDD2225 AFD212 FDL212B	AFD221	AFD222 FDL222B			
ティアック	FD-50A FD-55A	FD-50B FD-55B	FD-50E FD-55E	FD-50F FD-55F	FD-55G		
キヤノン電子	MDD6106	MDD211 MDD6108 MDD413 （2台用）		MDD221 MDD220 MDD423 （2台用）			
東京電気	FB501	FB503	FB502	FB504			
沖電気		GM3305		GM3405			
エプソン		SD-320 SD-321 SD-521		SD-540	SD-560		

注 1）＿＿（アンダ・ライン）は薄型装置を示す．　2）M4855は2Mバイト仕様のもの．
3）すでに発売中止のものも一部含む．

図1.2　8インチFDD YD-180-1600の内部構成図



1.2 5¼インチFDD

当初，米国シュガート社から発表された5¼インチFDD, SA 400は8インチFDDと同じトラック密度48 TPI(1インチに48トラック入る)でトラック数35，片面FDDで記録容量はフォーマットなしで109 Kバイト，フォーマットして実際に使用できる容量で80 Kバイトと小さなものであったが，8インチFDD同様に記憶容量の増大化がはかられ，片面から両面，そして両面倍密度へと進み，トラック数も当初の35トラックから40トラック(両面FDDではシリンダという)に増え，フォーマットなしで500 Kバイト，フォーマットして最大410 Kバイトと増加した．

8インチFDDより小型な5¼インチFDDにおいては，ディスクの伸び縮みがそのサイズに比例して小さくなるため，より高いトラック密度が可能になる．1977年ごろから一部のメーカでは100 TPIの片面FDDを生産していたが，信頼性，とくにデータの互換性(AのFDDで書き込んだディスクが別のBのFDDで読み出せるかどうかのこと)の面で問題があり，数は伸びなかった．1980年ごろから，シュガート社をはじめ国内外各社から倍トラック密度96 TPIの両面または片面5¼ FDDが発表された．96 TPIとなったのは従来の48 TPIのちょうど倍にすることで，1本おきにトラックの位置をあわせ，48 TPIで書き込んだディスクを96 TPIのFDDで読み出せるようにしたためである．48 TPIと96 TPIのトラック配置を47ページの図**2.10**に示す．96 TPIにすることによりシリンダ数を倍にし記録容量を倍にするとともに，ワイ・イー・データ製YD-280および薄型のYD-480では，つぎのような高性能化がはかられている．

(1) トラック間3 msの高速アクセス

(2) DCブラシレス・ダイレクト・ドライブ・モータ採用による無保守化

(3) 低消費電力化設計による省熱対策

フレーム・サイズに関しては，8インチFDDと同様に薄型化の方向にある．当初より一般に2/3厚といっているフレーム厚53 mmのものがあったが，最近の傾向としては1/2厚，41 mmに移行している．またさらに薄い1/3厚のものも製品化されている．

薄型化にともない改良された点は，メーカにより若干異なるが，おもにヘッド位置決め機構にαまたはループ巻スチール・ベルトを採用し，ヘッド移動を高速にしたこと，ディスク駆動に薄型ダイレクト・モータを採用したこと，ディスクのセット・チャッキングにレバー方式を採用したこと，などがある．

表1.6に5¼インチFDDの仕様一覧を，また図1.3にYD-280の基本構成図を示す.

表1.6　5¼インチFDDの仕様一覧

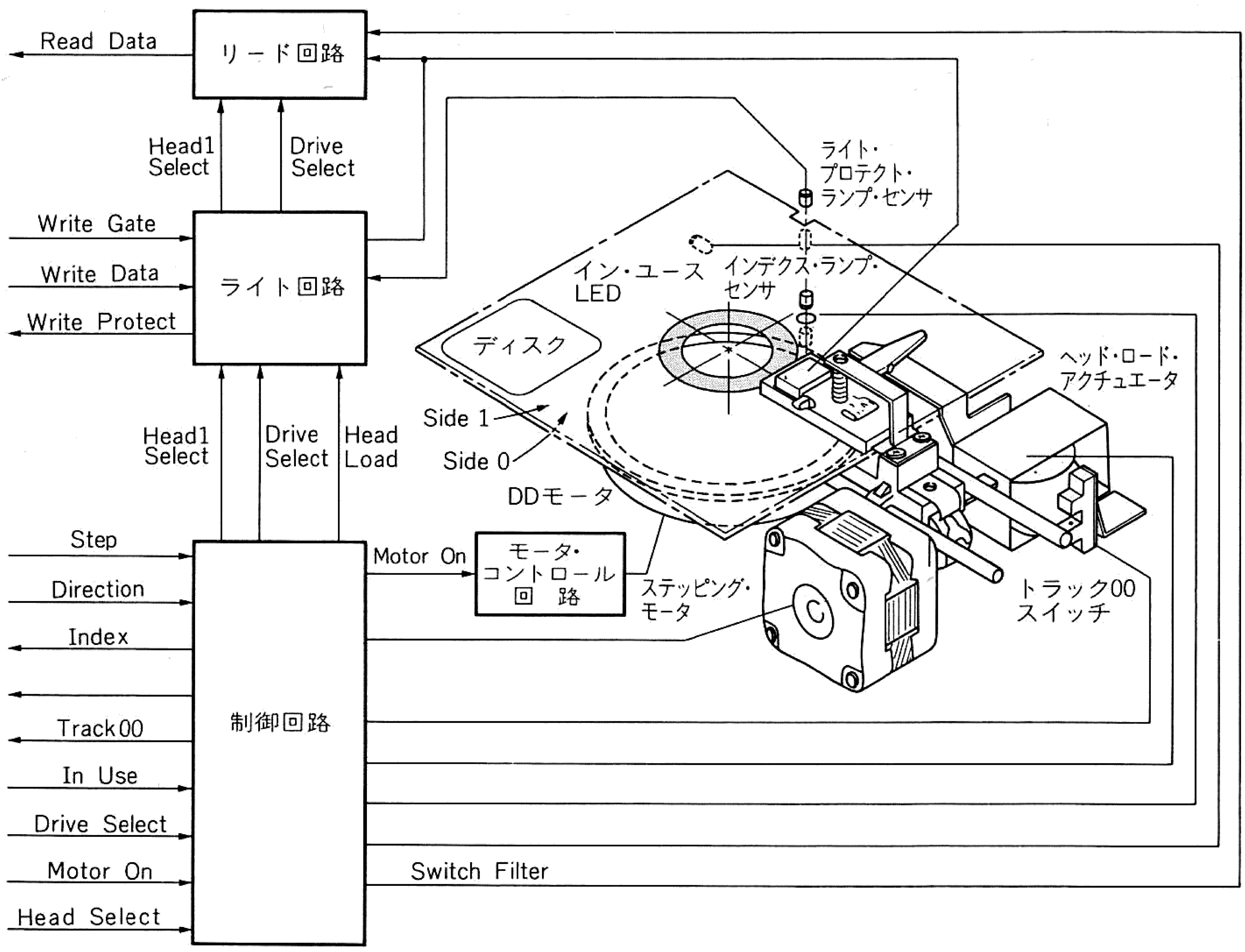
機　種	片面・単密度 SA400 (シュガート)	両面・倍密度 SA450 (シュガート)	両面・倍密度 YD-274/-580 (ワイ・イー・データ)	両面・倍密度 倍トラック YD-280/-480 (ワイ・イー・データ)	高密度5¼ インチFDD YD-380T (ワイ・イー・データ)
記憶容量(Kバイト/ディスク) アンフォーマット時 フォーマット時[注1)] (セクタ数/トラック)	 109.4 80.6 (18)	 437.5 322.6 (18)	 500 327.6 (16)	 1000 655 (16)	 1604 1262 (8)
転送速度(kビット/秒)	125	250	250	250	500
記録密度(ビット/インチ)	2581	5456	5876	5922	9646
トラック密度(トラック/インチ)	48	48	48	96	96
シリンダ数	35	35	40	80	77
トラック数	35	70	80	160	154
記録方式	FM	MFM(FM)	MFM(FM)	MFM(FM)	MFM(FM)
回転速度(rpm)	300	300	300	300	360
回転待時間(ms)	100	100	100	100	83
アクセス・タイム(ms) トラック-トラック セトリング時間 平均アクセス・タイム	 40 10 463	 25 15 298	 20／5 15／15 281／81	 3 15 95	 3 15 91
ヘッド・ロード時間(ms)	75	50	50	50	50
使用環境条件 温度(℃) 湿度(%RH) 最大湿球温度(℃) 振動(G以下)	 4.4～46.1 20～80 25.6 NA	 4.4～46.1 20～80 25.6 NA	 5～43 20～80 29 0.25	 5～43 20～80 29 0.25	 5～43 20～80 29 0.25
電源	+12V DC, +5V DC	+12V DC, +5V DC	+12V DC, +5V DC	+12V DC, +5V DC	+12V DC, +5V DC
消費電力(W)	15	18.7	12／11	10／11	11
設置方向	縦・横・水平	縦・横・水平	縦・横・水平	横・水平	横・水平
エラー・レート ソフト・エラー・レート ハード・エラー・レート シーク・エラー・レート	 10^{-8} 10^{-11} 10^{-6}	 10^{-9} 10^{-12} 10^{-6}	 10^{-9} 10^{-12} 10^{-6}	 10^{-9} 10^{-12} 10^{-6}	 10^{-9} 10^{-12} 10^{-6}

注1) ( )内数字のセクタ分割フォーマット時の記憶容量を示す.

1.3　高密度5¼インチFDD

半導体技術の進歩とともにシステムは小型化，大記録容量化，低価格化の道をたどっており，FDDにも同様の要求がされている．これに対応する製品の一つとして高密度5¼インチFDDが開発された．これは，8インチで使用している1.6Mバイトのトラック・フォーマットをそのまま5インチ・ディスクに入れてしまうというもので，1981年に電電公社

図 1.3　YD-280 の内部構成図[2)]



とワイ・イー・データにより共同開発された．このFDDのフレーム・サイズは薄型(1/2 厚) 5 ¼インチFDDと同一であり，従来の 8 インチFDDに比べ体積で 1/8 と大幅な高密度化が達成されている．

このFDDの詳細仕様はすでに公開されており，各FDDメーカから互換性のある製品が出荷されている．またディスケットおよびフォーマットの規格は電電公社からISO，JISに提案されており，従来，フォーマットの統一性がなかった 5 ¼FDDだけに注目されている．この高密度 5 ¼FDDの基本設計方針は，つぎのようなものである．

(1) ディスクには既存の 5 ¼インチ用ジャケットを使用する．

(2) 8 インチ両面倍密度用FDCがそのまま使用できる．

(3) 平均アクセス時間，記録再生特性などの性能は既存 8 インチFDDと同等以上とする．

(4) フレームの寸法は従来型5¼インチFDDの1/2厚み(41 mm)とする.

(5) 記録フォーマットは8インチと同じIBMフォーマットとする.

(6) インターフェースは統一性のある34ピン，5¼インチFDDインターフェースとする.

(7) ディスクの駆動は偏平DCダイレクト・ドライブ・モータで行い，ベルトの保守を不要とする.

この高密度5¼FDDはビット密度(線密度)を従来品最高の8インチ両面倍密度FDDに対し，約1.6倍の9600 BPIまで上げているため，従来のディスクは使用できない．このため新たに開発された高密度ディスクがある．この高密度ディスクの特性例を**表1.7**に示す.

表1.7 高密度ディスケットの特性例

項目	高密度用	従来品
磁性層	$C_0 \cdot r\text{-}F_{e2}O_3$	$r\text{-}Fe_2O_3$
保磁力(Oe)	630	270
残留磁束密度(G)	760	690
角形比	0.58	0.58
磁性膜厚(μm)	1.3	2.5
線密度限界(ビット/mm)	470	350
光透過率(%)	最大 0.9	最大 0.1

これらの高密度5¼FDDおよび高密度ディスクはすでに量産されており，システム・メーカからワープロ用および卓上ビジネス・コンピュータ用として市場に出荷されている．このFDDの一番の特徴は8インチ用で開発されたソフトがそのまま使用できることであり，今後，IBM 8インチFDDとの互換性が必要なところ以外はこの高密度5¼インチFDDに移行してゆくものと思われる．8インチFDDとまったく同一のインターフェースをもち，そのまま差し替えて使用できるような高密度5¼インチFDDも生産されている.

1983年末から出荷されはじめた高密度5¼インチFDDの中には，ディスクの回転数を変えたり，読出しフィルタを切り替えたりして，従来型の96 TPI・5¼インチFDDとも互換性のある機種もあり，増々使いやすく，応用しやすくなっている.

1.4　マイクロFDD

8インチ，5¼インチFDDとは別に，より小型で，安価なシステム用として直径が3～4インチ(約75 mm～100 mm)のディスクを使用したFDDが開発され，すでにシステムに搭載されはじめている．

この3～4インチFDDには，おもなものを発表順に書くと，ソニーの3.5インチ，日立・松下・日立マクセルの3インチ，米国ダイサン(Dysan)の3.25インチ，そして最も新しい米国IBMの4インチと4規格ある．実際には，これらのほかにすでに発表されているもの，これから規格が発表される予定のものを入れると，2～3案ある．

表1.8　3～4インチ・ディスク仕様[18)]

サイズ	3インチ	3.25インチ	3.5インチ	4インチ	4インチ
名称	コンパクト・フロッピ	フレックス・ディスケット	マイクロ・フロッピ		デミ・ディスケット
アンフォーマット容量（Kバイト）	250/500	500/1000	500/1000	40	358
記録方式	MFM	MFM	MFM	FM	FM
記録面	片面[1)]/両面	片面/両面	片面/両面	片面	片面
最大記録密度（BPI）	8946/9830	9250	8187/8717	2792	6865[5)]
トラック密度（TPI）	100	140	135	25.4	68
トラック数	40/80	80/160	80[2),3)]/160	16	46
回転数（rpm）	300	300	300/600	100	262～415[6)]
データ転送速度（kビット/秒）	250	250	250/500	33.3	333
ケース	プラスチック・ハード・ケース	ソフト・ジャケット	プラスチック・ハード・ケース	プラスチック・ハード・ケース	プラスチック・ハード・ケース
カートリッジ寸法（mm）	80×100×5	83×87×2.15 (max)	90×94×3.4	102×106×5	120×120×5
ヘッド・ウィンドウ・シャッタ	自動シャッタ	なし	自動シャッタ	なし	なし
センタ・ハブ	プラスチック	金属	金属	なし	なし
発表メーカ	日立・日立マクセル・松下	Dysan	ソニー MIC	キヤノン電子	IBM
発表時期	'81/12		'80/12, '83/2[4)]		'83/2

1）片面FDDに対しては裏返して使用できる．
2）当初発表したものは70トラック仕様だった．
3）40トラック(両面で80トラック)での使用ができる．
4）'80年12月…ソニー発表．'83年2月…ANSI提案．
5),6）トラック毎に回転数を変化させ記録密度を一定にしている．

それぞれの規格，とくにディスクに関してはマイクロ，コンパクト，デミなどと名前(愛称？)がつけられているが，本書ではこれらをまとめてマイクロFDD，マイクロ・ディスクと呼ぶことにする．

サイズの異なるこれらの規格は当然，互換性がない．たとえば3インチ・マイクロFDDで書き込んだディスクは，3.5インチ・マイクロFDDでは装置にセットすらできない．これに対し，8インチ，5 ¼インチFDDがここまで発展した理由の一つに互換性があったことが考えられる．つまり8インチFDDではIBM規格で，ディスクを介した互換性がとられていた．また5 ¼インチFDDでは米国シュガート(Shugart)社の規格にディスク，装置，インターフェースの互換性がとられていた．マイクロFDDも規格統一化の動きはあったものの，統一化はされていない．

4規格ともすでに製品の出荷がはじまっており，とくに本命と見られている3.5インチ，3インチにおいてはこれらを使用したシステムも販売されている．このため，これから先，規格が統一されるのはむずかしいだろう．それぞれの規格は別個に米国のANSI(アンシ)規格に提案されている．今後，これらの規格に対し審議が行われる予定である．

規格化の問題のほか，これらのマイクロFDDがのびるには，価格のことも重要である．5 ¼インチFDDを小型化する方向で進んでいる以上，ディスクはともかく，本体はこれより安くならなければならない．ところが最近の5 ¼インチFDDの低価格化はかなり進んでおり，これを下回わる価格設定ができるかどうか，多少疑問のところもある．

表1.8にマイクロ・フロッピ4規格およびキヤノン電子製の4インチ・フロッピの仕様を示す．キヤノン電子製については，容量的にも過去のものであり，これから先の説明は省略する．

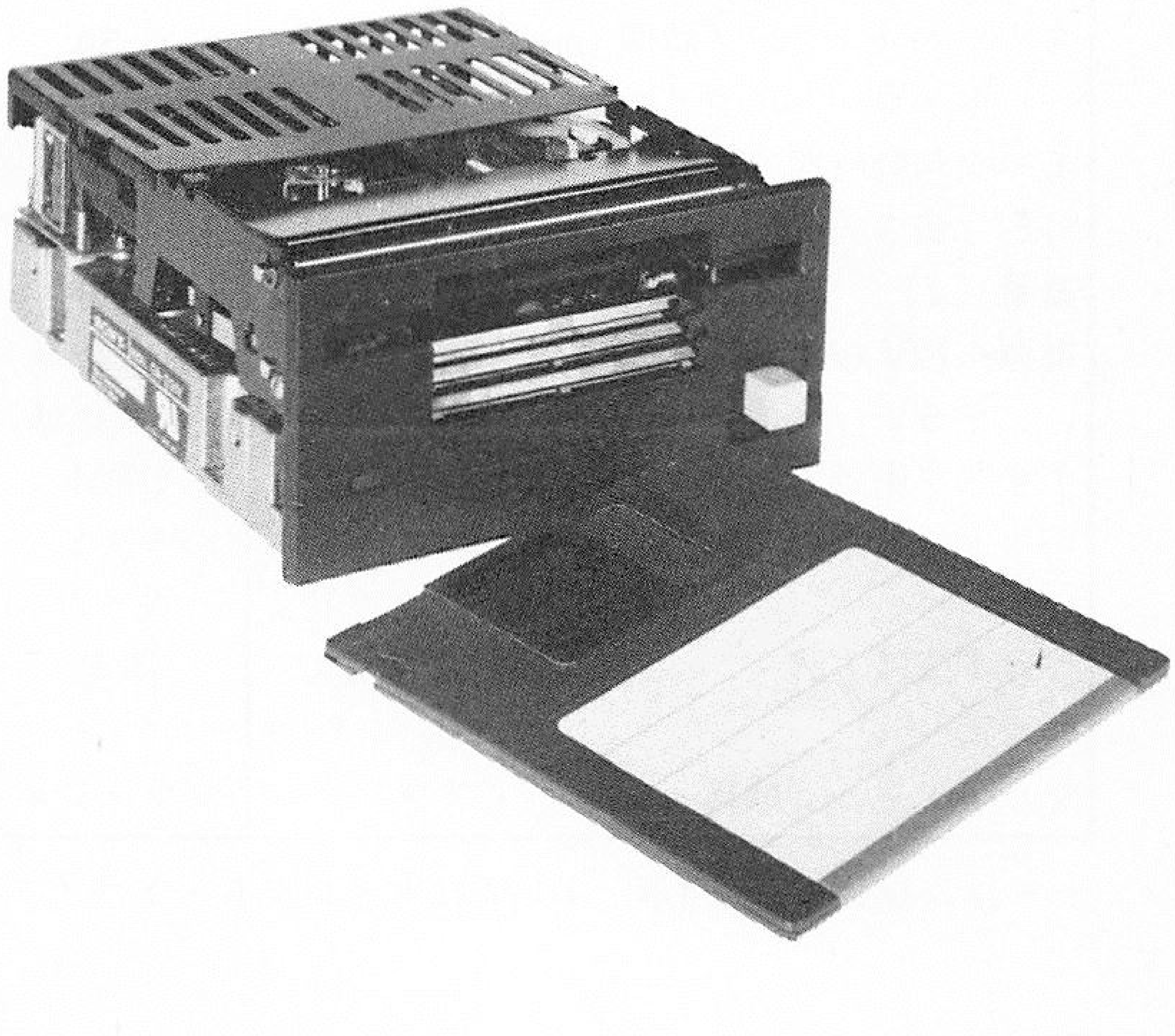


写真1.2(a)　3.5インチ・マイクロ・フロッピの外観（ソニー製）

● 3.5インチFDD

1980年12月，ソニーが「3.5インチ・マイクロ・フロッピ・ディスク」を使用した英文ワードプロセッサを米国で発表した．このときのFDDは**表1.9**の左端のOA-D30Vである．これは片面ながら5¼インチ両面倍密度FDDに近い437.5Kバイト(フォーマットなし時)の容量をもっており，注目された．しかし1982年になるまで，この3.5インチFDDの詳細仕様の発表がなく，またOEM販売も積極的に行われなかったため，セカンド・ソースもあらわれず，これを使用したシステムも，ソニー以外ではほとんどなかった．1982年に入ってから規格化が(3インチの発表もあり)急速に進んだ．米国で発表されたせいか，こ

表1.9 主な3.5インチ・フロッピ装置

メーカ名	ソニー				
型名	OA-D30V/D31V	OA-D32V	OA-D32W	OA-D33V	OA-D33W
片面/両面	片面	片面	両面	片面	両面
アンフォーマット容量（Kバイト）	437	500	1000	500	1000
フォーマット容量（Kバイト）	322	369	737	369	737
セクタ／トラック	9	9	9	9	9
最大ビット記録密度（BPI）	7610	8187	8717	8187	8717
トラック密度（TPI）	135	135	135	135	135
トラック数	70	80	160	80	160
データ転送速度(kビット/秒)	500	500	500	250	250
回転数（rpm）	600	600	600	300	300
平均回転待ち時間(ms)	50	50	50	100	100
トラック間アクセス時間(ms)	15	12	12	12	12
ステップ平均アクセス時間(ms)	365	350	350	350	350
ステップ・セトリング時間(ms)	15	30	30	30	30
ヘッド・ロード・タイム(ms)	60	60	60	(60)	(60)
モータ起動時間（秒）	1	0.4	0.4	0.4	0.4
外形寸法（mm）	51×102×130	51×102×130	51×102×130	51×102×140	51×102×140
重量（g）	700	650	650	650	650
電源+12V(A)	0.4（標準）	0.3（標準）	0.3（標準）	0.3（標準）	0.3（標準）
+5V(A)	0.6（標準）	0.48（標準）	0.48（標準）	0.38（標準）	0.38（標準）
ディスク駆動方式	DDM	DDM	DDM	DDM	DDM
ヘッド位置決め方式	ニードル・スクリュ	ニードル・スクリュ	ニードル・スクリュ	ニードル・スクリュ	ニードル・スクリュ
ヘッド支持方式	固定	固定	固定/ジンバル	——	——
ヘッド	バルク・タイプ	バルク・タイプ	ストラドル	——	——
ヘッド・ロード機構	プランジャ	プランジャ	プランジャ	(オプション)	(オプション)

——は，なしまたは不明．DDMはダイレクト・ドライブ・モータのこと．

の規格を採用したメーカは米国に多い．大手ではシュガート(Shugart)，タンドン(Tandon)などがあり，これらのメーカが作ったグループMIC(Microfloppy Industry Committee)とソニーは，1983 年 1 月に規格をまとめANSIに提案した．

当初，片面で 70 トラック，回転速度が 600 rpmと，8 インチFDDや 5 ¼インチFDDに比べて特殊だった仕様は，このとき**表 1.9** に示すように片面 80 または 40 トラック，回転速度が 600 または 300 rpmと，5 ¼インチと同一の仕様が追加修正された．また，同時にメディアに対する細かい規定も一部修正された．

この 3.5 インチFDDの主な特徴は，つぎのとおりである．

表 1.9 主な 3.5 インチ・フロッピ装置（つづき）

三菱電機	エプソン	アルプス	タンドン	シュガート	松下通工
MF351	SMD-100 シリーズ	FDV シリーズ	TM35	SA300	JU-312
片面	片面／両面	片面／両面	片面／両面	片面	片面
500	250/500/1000	250/500/1000	500/1000	500	250
328	164～656			409.6	164
16	16			10	16
8187	8130～8717	8130～8717	8187～8717	8187	8204
135	135/67.5	67.5/135	135	135	67.5
80	80/160	40/80/160	80/160	80	40
250	250	250/600	250/500	250	250
300	300	300/600	300/600	300	300
100	100	100/50	100/50	100	100
3	3/6	6	3	6	6
94	97		94	158	58
15	15	15	15	15	15
50	——	——	——	——	——
0.5	1.0	0.5	0.25		
41×102×132	40×101.6×152	37×102×130	40×101.6×152	41×101.6×152	32×104×161
700	800	550		590	600
0.4	スタンバイ ノーマル ローパワ (2.1 W 0.05 W	0.15	0.7	0.4	0.15（標準）
0.6	R/W (5.1 W 3.3 W	0.22	0.3	0.6	1.0 （標準）
DDM	DDM	DDM	DDM	DDM	DDM
スチール・ベルト	スチール・ベルト	リード・スクリュ	——	——	スチール・ベルト
固定	固定／ジンバル	固定／ジンバル	——	——	固定
——	——	ストラドル	——	——	ラミネート
あり	なし	なし	なし	なし	なし

- 135 TPIと比較的高いトラック密度を用いて，片面80トラックを確保し，両面のとき1 Mバイトの容量をもつ.
- 金属製のハブを使用してチャッキングによるメディアの偏心をおさえている.
- ディスク・ジャケットがプラスチックのハード・ケースでできている. またヘッド・ウィンドウ部には金属製のシャッタがついており，その取扱いがカセット感覚となった.
- ディスクのチャッキングには片面のみを使用したマグネット・チャックが使用され，ディスクのラベル・エリアを広くするとともに，チャッキング機構を簡単にした.
- 回転速度を5 ¼インチFDDの倍にすることで，データ転送レートを8インチFDDと同じ

表1.9　主な3.5インチ・フロッピ装置（つづき）

スピンドル回転数	300 rpm				600 rpm	
シリンダ数	40		80		80	
片面，両面	片面	両面	片面	両面	片面	両面
ソニー			OA-D33V	OA-D33W	OA-D30V, OA-D31V *1 OAD-32V	OAD-32W
エプソン	SMD-110 SMD-150	SMD-120 SMD-160	SMD-130 SMD-170	SMD-140 SMD-180		
アルプス電気	FDV113A FDV114A	FDV123A FDV124A	FDV213A FDV214A	FDV223A FDV224A	FDV253A FDV254A	FDV263A FDV264A
三菱			MF351			
松下通工	JU-312	JU-322		JU-362		
ティアック	FD-35A	FD-35B	FD-35E	FD-35F		
シチズン			OMDT-00A ONDT-00A	OMDT-10A ONDT-10A		
三協精機	FDU-350S	FDU-350D	FDU-355S	FDU-355D		
タンドン			TM35-1	TM35-2	TM35-3	TM35-4
シュガート			SA300			

*1　OA-D30V，-D31Vは70シリンダ.

にし，8インチ・システムへの応用性を高めた.

- トラック当たりの記録容量は5 ¼インチと同一とし，300 rpmのFDDであれば5 ¼インチFDDとのフォーマット互換性がある.
- 600 rpm仕様がある.つまり,従来品の倍速でディスクを回転させることでデータ転送レートが倍となり，高速な処理が行える．使い方しだいでは回転待ち時間が短くなった分，8インチFDDより処理速度は有利になる．600 rpmのFDDと 300 rpmのFDDとでは，つなぎ替えはできないが，ディスクはどちらで書かれたものでも問題なく動く.

この3.5インチFDDは，もともと80トラック仕様で設計されたため，96 TPI･5 ¼インチFDDの置替え用として使用されはじめている.

今後の動向としてはヘッド，ディスクを改良することにより記録密度を高め，8インチFDDのフォーマットを入れた1.6 Mバイトの製品化が予定されている.

その後は後述する垂直磁化装置へ続いてゆくと思われる.

図1.4にソニーOA-D31Vの内部構成図を，**表1.9**に主な3.5インチFDD仕様一覧を示す.

写真1.2(b)　三菱電機MF351（3.5インチ）

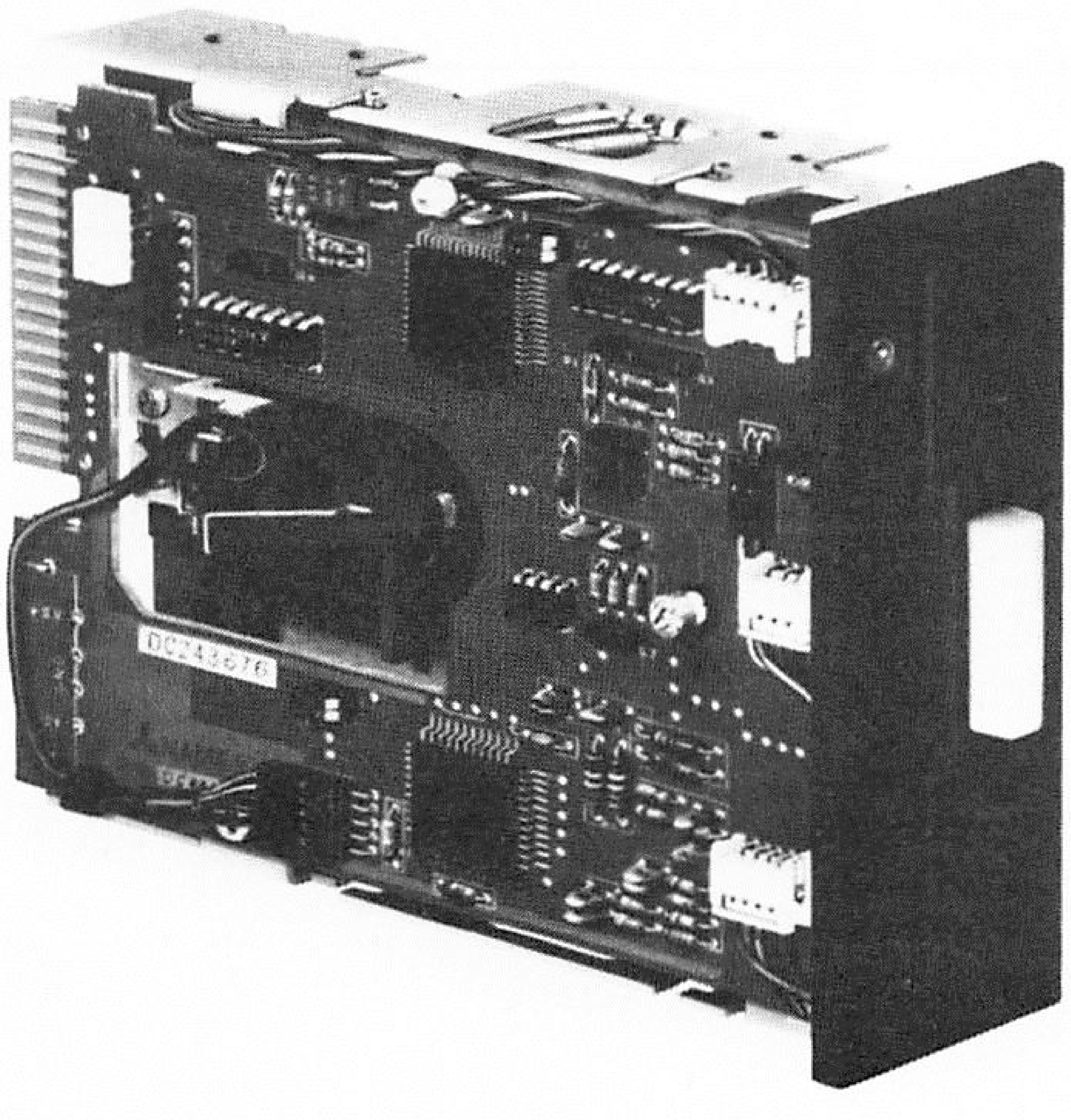
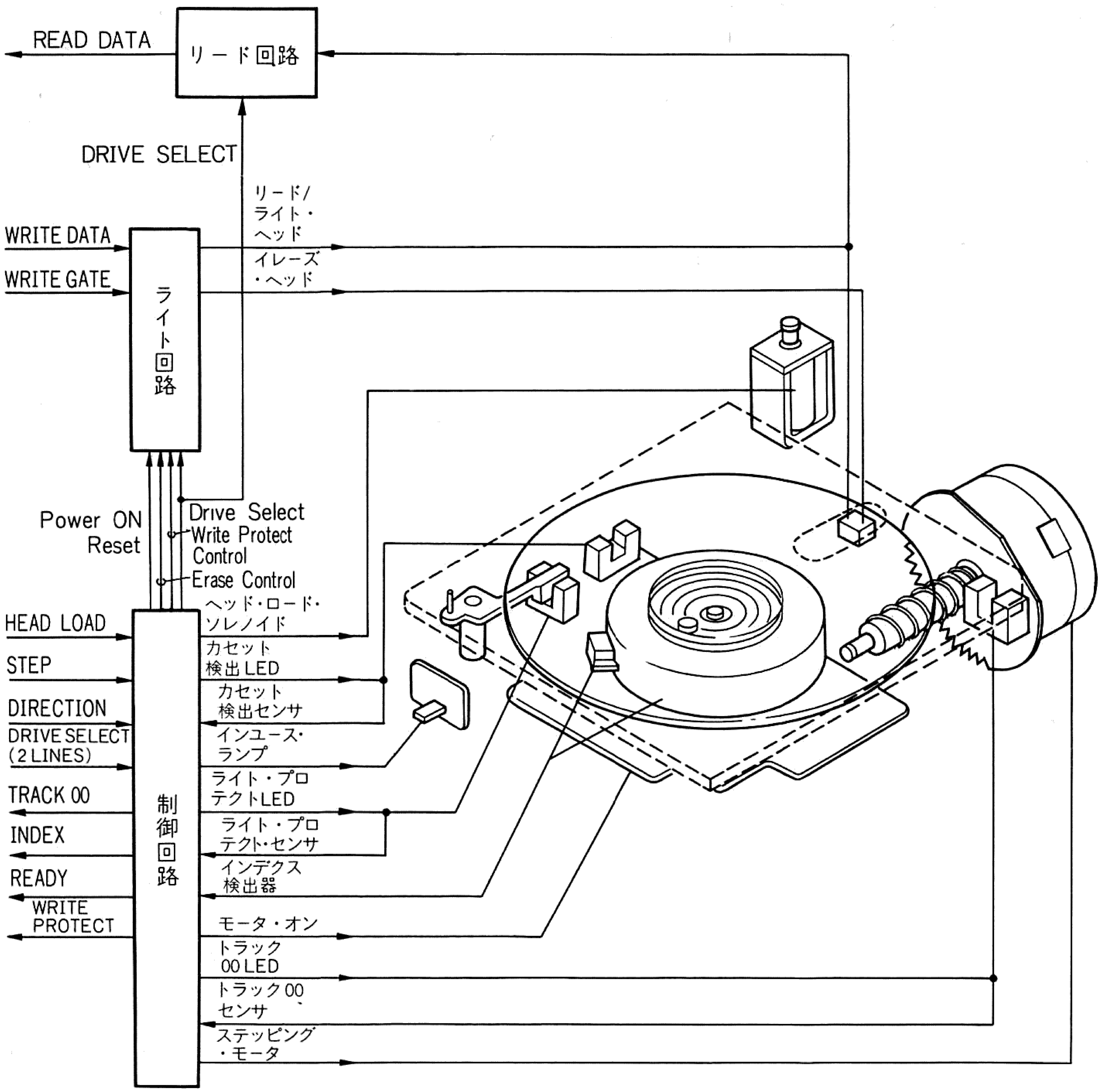


図1.4　OA-D31Vの内部構成図



●3インチFDD

ソニーの3.5インチFDDより遅れること約1年，1981年12月，松下電器産業，日立製作所，日立マクセルの3社は，3インチ・ディスクを使用する「コンパクト・フロッピ・ディスク」の規格を発表した．これは**表1.10**からもわかるように，片面で40トラック，250Kバイトと5¼インチ・40トラックFDDと仕様をあわせてある．また装置のインターフェース・コネクタも5¼インチFDDとあわせてあり，差し替えて使用できるような設計になっている．

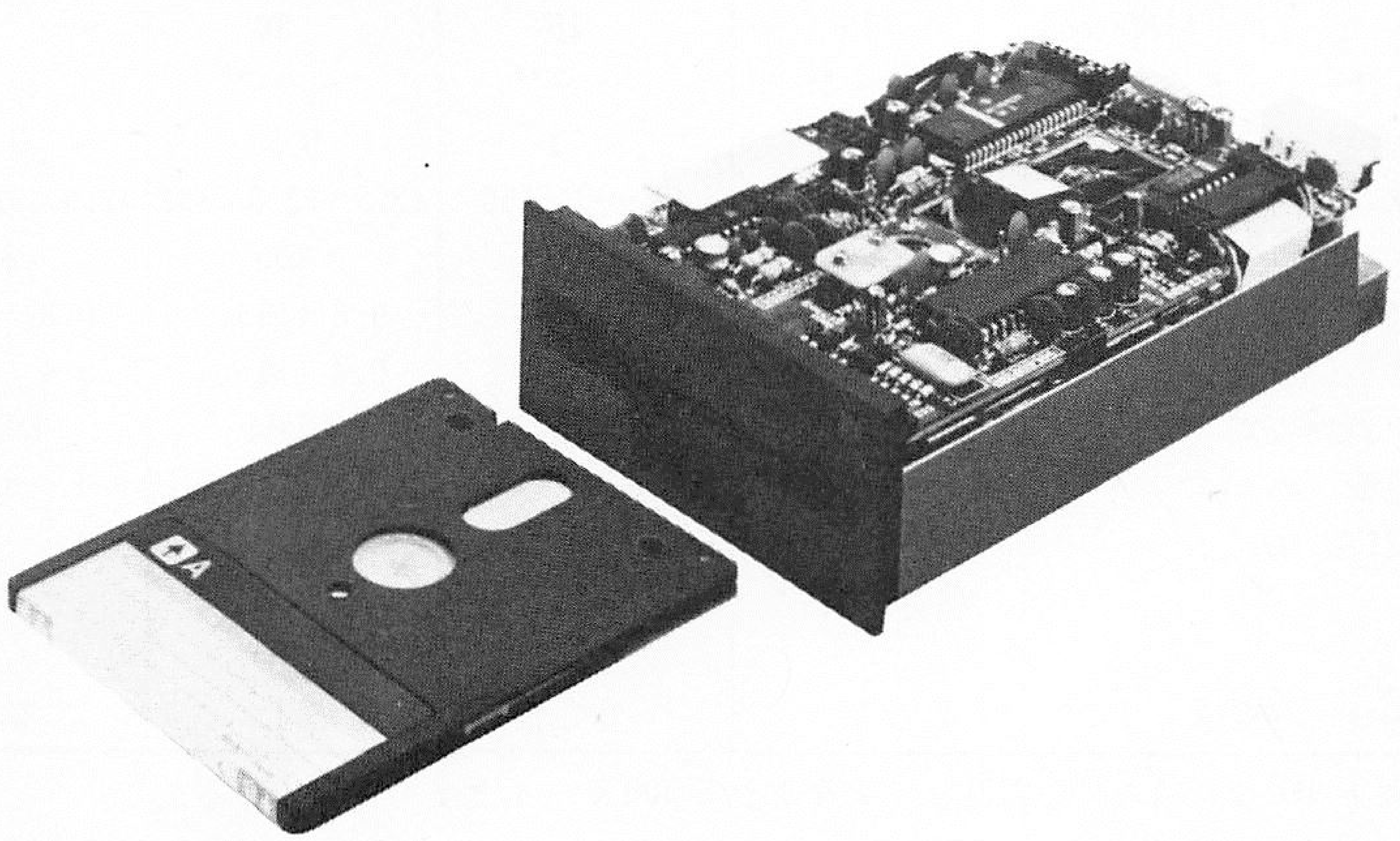
この規格は，内外のFDDメーカ，ディスク・メーカに対し有料で公開されたため，とくに国内ではこの3インチ規格で走りはじめたメーカが多い．3.5インチ規格が米国で多いのと対照的である．

表1.10に示したようにトラック密度が100 TPIと比較的低くなっており，そのかわり記録線密度が約9000 BPIと高くなっている．

この規格の主な特徴をまとめるとつぎのようになる．

- ディスク・サイズが3インチと小型である．またカートリッジの幅が80mmとなり，郵送に便利である．
- ハード・ケースの採用により，カセット感覚の取扱いができる．
- ヘッド・ウィンドウの自動開閉シャッタにより信頼性の向上がはかられている．

写真1.3(a) 日立製3インチFDD



●プラスチック・センタ・ハブの採用によりチャッキング時の偏心問題が解決された．

●装置は5¼インチFDDとプラグ・コンパチブルになっており，使いやすくなっている．

この3インチFDDは，片面FDDでもディスクを表裏逆にすることで両面使用できるようになっている．ただし，この手法で書き込んだ裏面のデータは，両面FDDでは読み取れない．なぜなら，一つはディスクの回転方向が逆になってしまうのと，もう一つはトラック位置が両面FDDでは8トラックずれているためである．また両面FDDにディスクを表裏逆にセットできない機構が内蔵されている．逆に両面FDDで書き込んだ裏面のデータは片面

表1.10 主な3インチ・フロッピ装置

メーカ名	日立製作所		三協精機	
型名	HFD305S	HFD305D	FDU-300-S	FDU-300-D
片面/両面	片面	両面	片面	両面
アンフォーマット容量(Kバイト)*1	250	500	250	500
フォーマット容量(Kバイト)	205	410	164	328
セクタ／トラック	5	5	16	16
最大ビット密度(BPI)	8946	9830	8946	9830
トラック密度(TPI)	100	100	100	100
トラック数	40	80	40	80
データ転送速度(kビット/秒)	250	250	250	250
回転数(rpm)	300	300	300	300
平均回転待ち時間(ms)	100	100	100	100
トラック間アクセス時間(ms)	3	3	3	3
ステップ平均アクセス時間(ms)	55	55	70	70
ステップ・セトリング時間(ms)	15	15	30	30
ヘッド・ロード・タイム(ms)	――*2	――*2	――*2	――*2
モータ起動時間(秒)	1	1	0.5	0.5
外形寸法(mm)	40×90×150	40×90×150	42.5×92.5×152	42.5×92.5×152
重量(g)	700	700	700	800
電源＋12V(A)	0.5(標準)	0.5(標準)	0.8(最大)	0.8(最大)
＋5V(A)	0.4(標準)	0.4(標準)	0.4(最大)	0.4(最大)
ディスク駆動方式	DDM	DDM	DDM	DDM
ヘッド位置決め方式	スチール・ベルト	スチール・ベルト	スチール・ベルト	スチール・ベルト
ヘッド支持方式	固定	――*2	――*2	――*2
ヘッド	VTRタイプ	――*2	――*2	――*2
ヘッド・ロード機構	なし	なし	なし	なし

*1 片面FDDもディスクを裏返しにすることで500Kバイトまで使用できる．

*2 ―― はなしまたは不明

FDDでは読み取れない．このため，片面FDDでディスクの裏面は使用しないほうがよい．

3インチFDDの今後の問題点は，記録容量を5¼インチFDD倍トラックおよび3.5インチFDDなみの1Mバイトにできるかどうかである．このためには，現在の100 TPIを200 TPIに上げる必要があるが，従来から使用されているステッピング・モータによるオープン・ループ方式ではかなりむずかしい．もしかすると，トラック・サーボを用いる必要があるかもしれない．このときは価格が問題になると思われる．

表1.10に現在発表されている3インチFDDの性能を示す．

表1.10　主な3インチ・フロッピ装置（つづき）

ティアック	松下電器産業	東　　芝	松下電子部品	
FD-30A	JU-311	ND-301D	EME-102	EME-202
片面	片面	片面	片面	両面
250	250	250	250	500
164	164	164	164	328
16	16	16	16	16
8946	8946	8946	8946	9830
100	100	100	100	100
40	40	40	40	80
250	250	250	250	250
300	300	300	300	300
100	100	100	100	100
12	3	3	3	3
171	55	55	71	71
15	10	15	30	30
——[*2]	——[*2]	——[*2]	——[*2]	——[*2]
0.4	1	——[*2]	0.7	0.7
40×90×150	40×90×150	41×90×150	40×90×150	40×90×150
750	650	650	570	570
（合計3 W）	0.4	1.0（最大）	0.25（標準）	0.25（標準）
	0.5	0.6（最大）	0.35（標準）	0.35（標準）
DDM	DDM	DDM	DDM	DDM
リード・スクリュ	スチール・ベルト	スチール・ベルト	スチール・ベルト	スチール・ベルト
——[*2]	固定	固定		
ボタン型	トンネル・イレーズ	トンネル・イレーズ	——[*2]	——[*2]
トンネル・イレーズ	ラミネート	ラミネート	——[*2]	——[*2]
なし	なし	なし	なし	なし

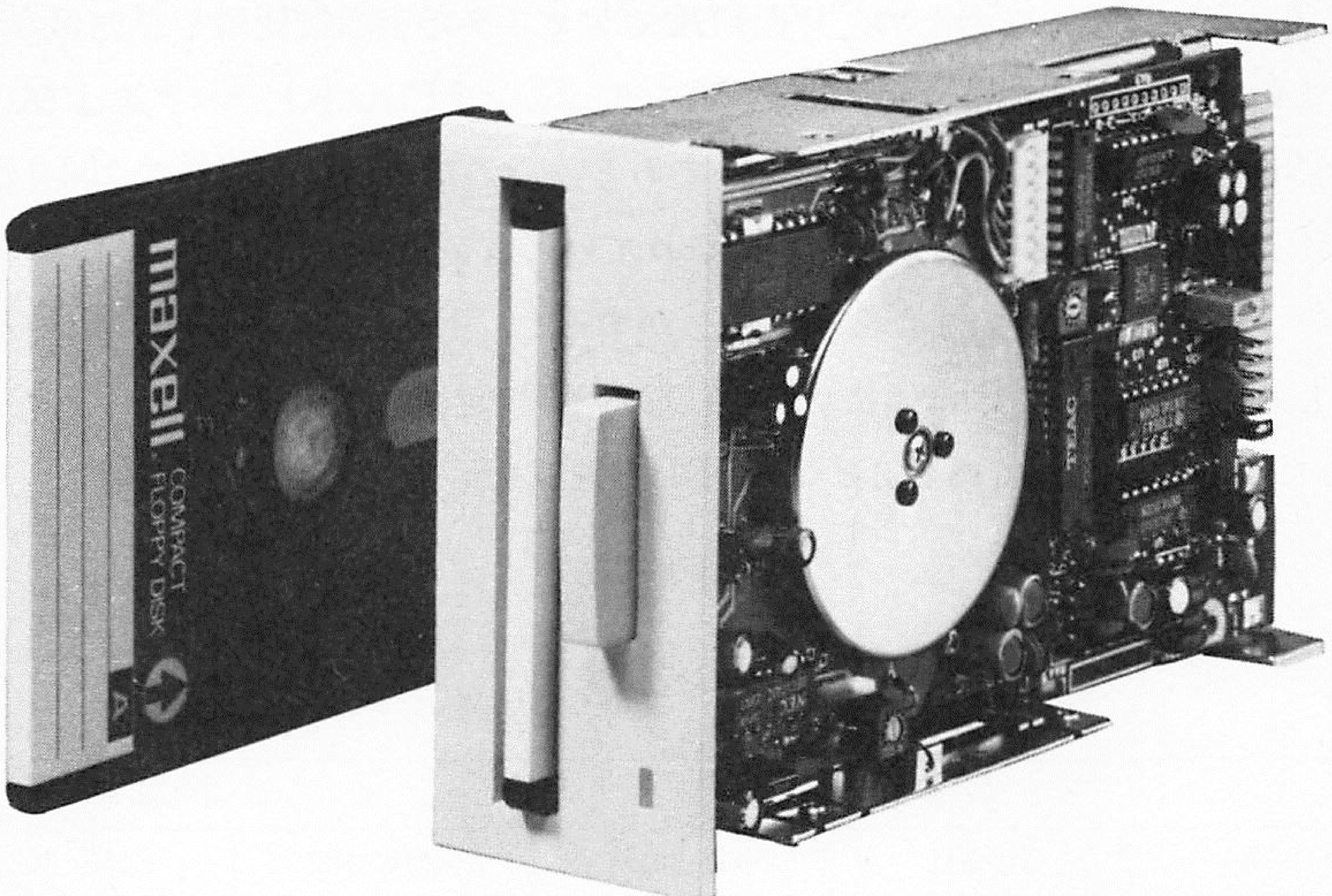


写真 1.3(b)　ティアック製3インチFDD

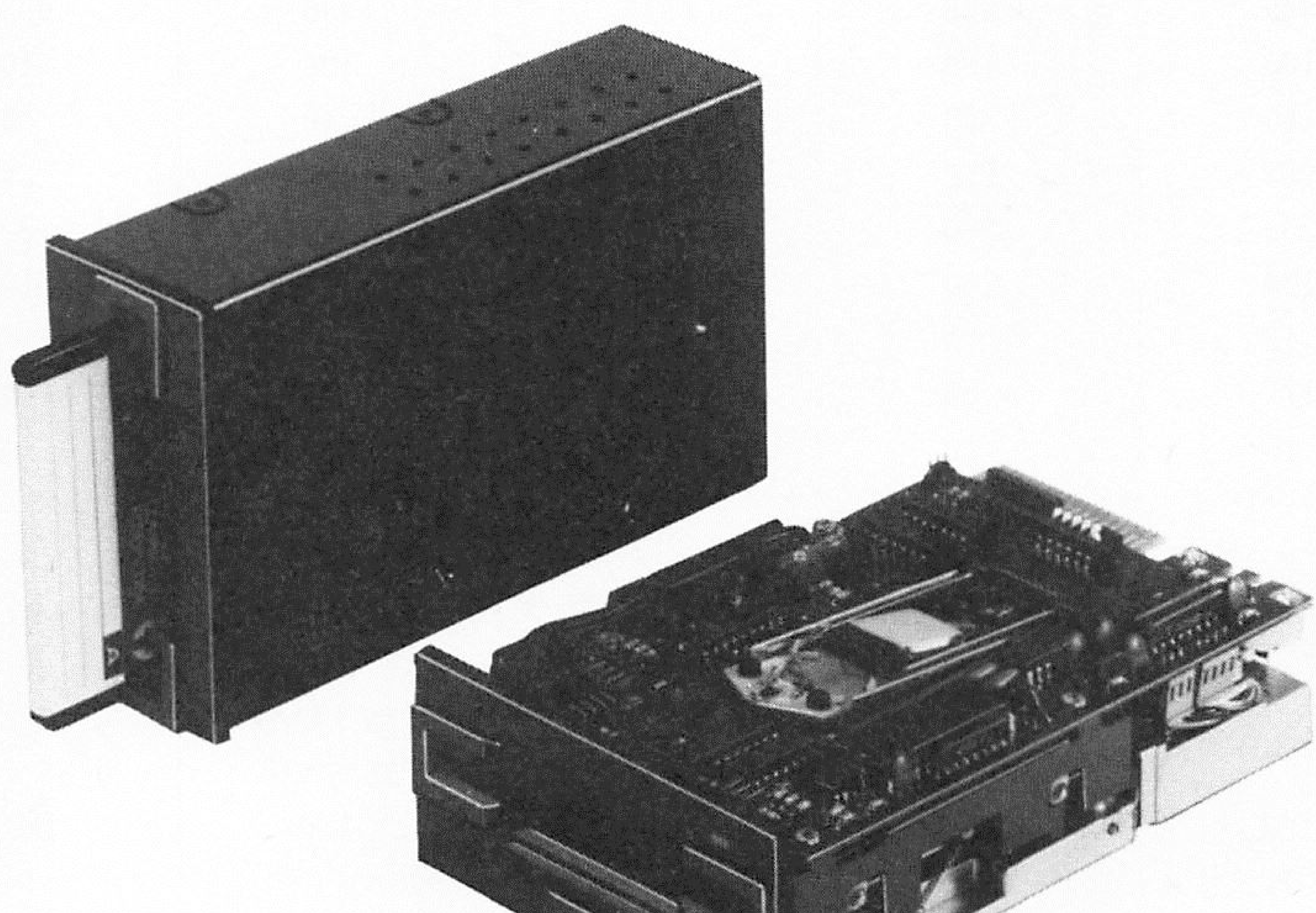


写真 1.3(c)　三協精機製3インチFDD

● 3 ¼インチFDD

3 ¼インチ・ディスク(Flex Diskette)は米国ダイサン(Dysan)社がリーダとなって開発したもので，その特徴は，つぎのようになっている.

(1) 80トラック仕様の5 ¼インチ・ディスクと同じ容量，フォーマットが使用できる.

(2) 従来の5 ¼インチ，8インチ型の塩化ビニールのジャケット構造になっており，3インチ，3.5インチに比べ，ディスク・コストが下がる.

(3) そのジャケット構造から，ディスクが薄く小さくでき，スペース的に有利である.

(4) チャッキングは3.5インチ同様金属ハブによるマグネット・チャックを使用し，安定性を高めるている.

そのかわり3インチ，3.5インチに比べると，ヘッドウィンドウのシャッタがない，ジャ

表1.11 3 ¼インチFDDの仕様

メーカ名	ターバー	
型　名	TC-500	TC-1000
片面/両面	片　面	両　面
アンフォーマット容量(Kバイト)	500	1000
フォーマット容量(Kバイト)	328	656
セクタ/トラック	16	16
最大ビット記録密度(BPI)	9250	9250
トラック密度(TPI)	140	140
トラック数	80	160
データ転送速度(kビット/秒)	250	250
回転数(rpm)	300	300
平均回転待ち時間(ms)	100	100
トラック間アクセス時間(ms)	10	6
ステップ平均アクセス時間(ms)	282	175
ステップ・セトリング時間(ms)	15	15
ヘッド・ロード・タイム(ms)	——	——
モータ起動時間(ms)	400	400
外形寸法(mm)	41.3×102.0×139.7	
重　量(g)	726	
電　源　+12V(A)	0.6A (平均)	
+5V(A)	0.3A (平均)	
ディスク駆動方式	ダイレクト・ドライブ・モータ	
ヘッド位置決め方式	リード・スクリュ	
ヘッド支持方式	固定/ジンバル	
ヘッド	トンネル・イレーズ ラミネート・ヘッド	
ヘッド・ロード機構	な　し	

ケットが塩化ビニールのシートであり，つぶれやすいなど，従来の5 ¼インチや8インチ・ディスクと同じ欠点をもつことになる．

現在，ドライブはダイサンの子会社のターバー(Tabor)社が製造している(**表1.11**参照)．

シーゲート・テクノロジ(Seagate Technology)社がセカンド・ソースのドライブを発表することを表明している．

● 4インチFDD

長い間，うわさになっていたIBMのマイクロFDDが，1983年2月に4インチのデミ・ディスケット(Demi Diskette)という名前で発表になった．**表1.12**に仕様を示す．

このディスクは，いくつものユニークな特徴をもっている．以下に，その特徴を列記してみよう．

●ディスクのチャッキングは従来型

他のマイクロFDDと異なりディスクのチャッキングはディスクのセンタ・ホールそのもので行う．つまり従来の8インチ，5 ¼インチと同様の方法である．

このためか，トラック密度は68 TPIと，かなり低目におさえた設計になっている．

●トラックにより回転数を変える

従来のFDDではディスクの内周も外周も同一記録容量で記録するため，ビット密度の高くなる最内周で記録容量が決まってしまい，外周ではかなり余裕のある使い方だった．また，トラックにより記録密度が変化するため，書込み電流を切り替えたり，読出しフィルタの定数を切り替えたり，回路上でいろいろ工夫する必要があったが，この4インチFDDでは最内周で262 rpmから最外周では415 rpmまで回転数を連続的に変化させ，ビット密度を6865 BPIの一定値に保っている．

●プラスチック部品の多用

ディスクの入ったカートリッジは，プラスチックのハード・ケースである．ヘッド・ウィンドウにはシャッタはない．

フレームもプラスチック・モールド品であり，部品点数も少ないこともあり，880 gと軽量化されている．

●低トラック密度，高ビット密度

前記したようにトラック密度は，68.65 TPIと低い．これに対し，ビット密度はFM記録方式にもかかわらず，6865 BPIとなっている．これは記録されるパルス列で表すと倍の

13730 FRPI (Flux Reversals Per Inch) となりMFM記録方式だと13730 BPIとなり，現在市販されているFDDの中では最高の値となる．この高密度のおかげで，片面にもかかわらず，アンフォーマット容量358 Kバイト，フォーマット時容量250 Kバイトとなっている．

●シンプル・メカ

スピンドル・モータはゴム・ベルト方式を使用，ヘッド送りはスピンドルを中心に取り付けたアルミニウムのスパイラル・カムで行われる．このスパイラル・カムはタイミング・ベルトによりステッピング・モータで駆動される．スパイラル・カムの外周は平坦でなく，

表 1.12 IBM 4インチFDD(IBM 341)の仕様

メーカ	IBM
型名	IBM 341
記録面	片面
記録方式	FM
アンフォーマット容量(Kバイト)	358
フォーマット容量(Kバイト)	250
セクタ容量(バイト/セクタ)	256
ビット記録密度(BPI)	6865
トラック密度(TPI)	68
トラック数	46
データ転送速度	333.3
回転数(rpm)	261～415
平均回転待ち時間(ms)	114～72
平均アクセス時間(ms)	623
トラック間アクセス時間(ms)	40*
ステップ・セトリング時間(ms)	10*
モータ起動時間(ms)	200*
外形寸法(mm)	66.5×115×169
重量(g)	880
電源 +5V	0.61A*
-5V	0.16A*
+24V	0.31A*
ディスク駆動方式	ベルト方式
ヘッド位置決め方式	ステッピング・モータ、タイミング・ベルト、スパイラル・カムによるアーム方式
ヘッド支持方式	固定
ヘッド	トンネル・イレーズ・ヘッド イレーズ・ギャップ・アジマス付き
ヘッド・ロード機構	なし
その他の特徴	トラック 00 スイッチなし. インデクス・スイッチなし. スライド・レバーによるディスクのチャッキング.

* 平均値

それぞれのトラック位置にあわせ，波型に精密加工されているので，ステッピング・モータの角度精度によってトラック位置精度が変わらないようになっている．

トラック00検出スイッチ，インデクス信号検出スイッチ，ライト・プロテクト・スイッチなどはない．

●特殊トラック・フォーマット

トラックにより回転数を変化させるため，トラック毎の記録容量が変化する．1セクタが256バイトのとき最外周で25セクタ，最内周で16セクタが1トラックに入る．

トラック数は46であり，通常とは逆に最内周が0トラック，最外周が45トラックとなる．

1セクタのフォーマットは従来のIBMフォーマットと異なっているため，通常のFDCは使用できず，IBMのオリジナルのFDC(IBM 4inch Diskette Drive Adapter Module)が用意されている．

以上のように仕様的にはなかなかおもしろい規格であるが，すでにIBMは製造を中止してしまっている．

表1.13　キヤノン電子製4インチFDDの性能[3)]

メーカ名 型　名	キャノン電子 CMD-500
アンフォーマット容量(片面)	40Kバイト
フォーマット容量(片面)	32Kバイト
ディスク記録方式	FM
ディスク駆動方式	ベルト・ドライブ
ヘッド位置決め	α巻スチール・ベルト
トラック数	16
セクタ数/トラック	1
セクタ容量	2Kバイト
最大ビット密度	2792 BPI
トラック密度	25.4 TPI
回転速度	100 rpm
データ転送速度	33.3kビット/s
トラック間アクセス時間	40 ms
寸法	64×108×150 mm
重量	800 g

もう一つの4インチFDDとしてキヤノン電子製の性能を**表 1.13** に示す.

1.5　その他のFDD

前項までに述べてきたものが従来から使用されている8インチ，5¼インチFDDおよび今後，主に使用されてゆくであろうマイクロFDDであり，いわば主流のFDDであるが，これらのほかにもいろいろな仕様のFDDがあり，現在もある程度は使用されているものもある.

これら非主流のFDDを大別すると，

(1) 超小型，2～2.5インチ程度のもの

(2) 5¼インチ，8インチで大容量のもの

(3) 垂直磁気記録方式によるもの(主に試作品)

の三つになる．つぎに，これらについて簡単に説明する.

(1) 超小型 2～2.5インチ

表 1.14 に示したように，2.5インチまたは65 φのサイズで片面8Kバイトの記録容量をもつ磁気記録装置が，従来より，オリベッティ，三協精機，東京電気などで製品化されている．これらは，円板のシートにレコード盤のようにヘリカルに1本のトラックを書く方式でデータの記録，再生が行われる．もともと磁気カードの容量を増す目的もあって開発された製品であり，ランダム・アクセスができないことから，一般的なFDDの分類には入らない．主な用途としてはタイプライタが多い.

おなじく，**表 1.14** のマビパックは，ソニーが1981年に発表した磁気カメラ用の記録媒

表 1.14　超小型フロッピ

メーカ 型　名	オリベッティ MDU8008	三協精機 FMC-100	東京電気	ソニー マビパック	ミツミ クイック・ディスク
サイズ	65$^{\phi}$	66$^{\phi}$	66$^{\phi}$	47$^{\phi}$	2.8インチ$^{\phi}$
記録容量	8Kバイト	16または8Kバイト	16Kバイト	静止画25または50枚	64Kバイト
トラック数	1本	1本	1本	25または50	1本
ジャケット・サイズ(mm)	——	68.6×68.6×2.5	69×73×3	54×60×3.6	78×78×3
特　徴	ジャケットなし	ジャケットあり	ジャケットあり	磁気カメラ用ディスク	プラスチック・カートリッジ

体であるが，その構造はフロッピそのものであり，これが製品化されたときには，同じ媒体を使用した本当に超小型のFDDも表れるのではないだろうか．

磁気カメラとしての仕様は片面25トラックまたは50トラックが提案されており，1本のトラックにアナログ記録でテレビ1画面の情報が記録される．

(2) 5¼，8インチ大容量FDD

8インチFDDの項目で述べたように，IBMのスペックは1977年に発表された両面倍密度記録方式の容量1.6Mバイトから増えていない．1981年ごろまでは大容量8インチFDDをIBMが開発中であり，発表まじか，という噂がだいぶあった．最近はこの噂もなくなり，世の中のFDDに対する要求が5¼インチからマイクロFDDへと移ったせいもあり，あまり話題になっていない．

それでも，一般のFDDメーカでは，とくに米国では，より大容量で，ビット・コストの

表1.15 8インチ高密度FDD仕様（IOMEGA Alpha 10の場合）

メーカ名 型　名	IOMEGA Alpha 10
フォーマット容量（Mバイト）	10
最大ビット記録密度（BPI）	24,000
トラック密度　（TPI）	300
トラック数*1	306
データ転送速度（Mバイト/秒）	1.13
回転数（rpm）	1,500
平均回転待ち時間（ms）	20
トラック間アクセス時間（ms）*2	
最　少	10
最　大	75
平　均	35
スタート/ストップ時間（秒）	3/6
外形寸法（mm）　ドライブ	114×217×358
カートリッジ	18×209×280
重　量　ドライブ　（kg）	5.9
カートリッジ（kg）	0.59
電　源*3　＋5V	3.8A
＋12V	1.0A
－12V	2.0A

*1　ユーザの使用できるもの．
*2　セトリング・タイムを含む．
*3　通常使用時最大．

低いFDDが開発され，すでに販売されているものもある．

●**表1.15**は米国IOMEGA社の高密度8インチFDD Alpha10の仕様である．表からわかるように，回転数をIBMタイプの約4倍の1500 rpmと高くしており，ヘッドはディスク面より少し浮き上った状態で書込み/読出しをする浮上タイプである．ヘッド駆動にはボイス・コイル・モータを使用し，トラック位置決めにはデータ・トラック上に書き込んだサーボ信号を使用するトラック・サーボ方式を用い，ヘッドとトラックの位置ずれを小さくしている．これらの技術はハード・ディスク装置と同じである．データの転送速度も1.13 Mバイト/秒とFDDより1桁程度速くなっている．ディスクは厚み18 mmのプラスチックのカートリッジに入っているが，中は約80 μmのフィルムであり，まさにフロッピ・ディスクである．

このFDDの5¼インチ版が，**表1.18**の左端に示したBeta-5である．

●**表1.16**は同じく米国のAMLIN社が発売している大容量5¼インチFDDである．これは通常の5¼インチ・ディスクと同じサイズのディスク片面のなかにIBMタイプの8インチと同じ記録容量1.6 Mバイトを入れた高密度5¼インチ・ディスクを5枚1組として一つのケースに入れ，このケースごとにFDDにセットできるようにしたものである．この5枚が1組になったものを，メーカではミニパック(MINIPAC)ディスケット・カートリッジと呼ぶ．ミニパック一つで8インチFDDの5倍の記録容量8 Mバイト(フォーマットなし時)となる．ミニパックがFDDにセットされた状態では，通常の使用位置よりかなり前方に飛び出たところになる．このうちの1枚が外部からの指令により複数台のドライブを切り替えるようにディスクが選択され，ステッピング・モータで引き込まれ，セットされる．

ディスク交換時間は，平均で1.9秒必要である．

装置の外形は従来型の5¼インチFDDのフロント・ベゼル面を前方へ約70 mm飛び出した型となっているが，取付け穴位置は5¼インチFDDと同じである．

インターフェースは8インチFDDと互換性のあるものと，5¼インチ・ウィンチェスタ・ドライブと互換性のあるものの2種類がある．**表1.16**は8インチFDDタイプの時の仕様である．

● 1983年10月，日立製作所は大容量8インチFDDを発表した．これは従来の薄型8インチFDDと同一サイズに両面でフォーマットなし時で9.6 Mバイト(従来の8インチの6倍)の容量をもたせた．ディスクは従来の8インチと同一外形である．その中のメディアは改良され，高密度5¼インチ・ディスクと同様な磁性体が用いられている．また書込み方式は従来使用されているMFM方式でなく特殊な方式を用いることでビット密度は20000

表1.16 5¼高密度FDDの仕様 (AMLYN Model 5850 の場合)

メーカ名	アムリン
型　名	5850
片面/両面	片面・5枚
アンフォーマット容量(Mバイト)	
ミニ・パック・カートリッジ	8.0
ディスク1枚	1.6
フォーマット容量(Mバイト)	
ミニ・パック・カートリッジ	5.1
ディスク1枚	1.0
記録方式	MFM
最大ビット密度(BPI)	9500
トラック密度(TPI)	170
トラック数/ディスク	154
データ転送速度(kビット/秒)	500
回転数(rpm)	360
平均回転待ち時間(ms)	83
トラック間アクセス時間(ms)	3
平均アクセス時間(ms)	85
セトリング時間(ms)	15
ディスク交換　平均(秒)	1.9
最大(秒)	2.9
ヘッド・ロード時間	——
モータ起動時間	
外形寸法(mm)	82.6×146×203.2 (274)
重　量(kg)	2.0
電　源　+12V (A)	1.1
+5V (A)	1.0

BPIと高くなっている．ホストとのデータ転送はMFM方式で行われるが，FDD内部で変調を変換している．

トラック密度はディスクの温湿度伸縮率をおさえることと，位置決め方式の改良により倍トラック5¼インチFDDと同じ96 TPIとしている．サーボ・トラッキングは行っていない．ヘッドの位置決めは位置決め機構のガタを取り除くため，必ず外周から内周への方向で行われる．逆方向からヘッドが移動してきたときは，いったん行き過ぎてから戻ることになる．

この装置のデータ転送速度は1.5 Mビット/秒とFDDの3倍になっており，通常のFDDのコントローラではコントロールできない．ハード・ディスク用に近いものが必要となる．

表1.17 にこの大容量8インチ FDD，FDD-441の仕様を示す．その他の大容量FDD一

表 1.17 大容量8インチFDD 日立FDD-441の仕様

項目			仕様
記憶容量(KB)	アンフォーマット フォーマット(256バイト/セクタ)		9,600 6,150*1
セクタ数 シリンダ数 トラック数 トラック密度(TPI) 記録密度(BPI) データ転送速度(kビット/秒) データ転送方式 ディスク回転数(rpm) 平均回転待ち時間(ms)			78 154 308 96 20,560 1,500 MFM 360 83
アクセス時間(ms)	ヘッド移動時間(トラック間) ステップ・セトリング モータ・スタート*2		3 15 165
起動時間(秒)			1
電源条件(A)*2	+24V±10% +5V±5%		0.5(定常時)/1.7(起動時) 2.8
消費電力(W)*2			26
使用条件	周囲温度(°C)	動作時 非動作時 輸送時	10〜43 −20〜50 −40〜60
	相対湿度(%Rh)	動作時 非動作時 輸送時	20〜80 8〜90 1〜95 } 結露しないこと
	最大湿球温度(°C)	動作時	29
	振動(G)	動作時 非動作時/輸送時	0.25 5
	衝撃(G)	非動作時/輸送時	20
外形寸法(mm) 重量(kg)			57(W)×217(H)×328(D) 約4

*1 インデクス・予備トラックを含む
*2 標準値

覧表を**表 1.18** に示す．

(3) 垂直磁気記録方式

新しい磁気記録方式として，最近話題になっているものに，垂直磁気記録がある．従来のフロッピ・ディスク装置，ハード・ディスク装置，各種磁気テープなど，ほとんどすべては，記録媒体に対し長手方向に記録する長手記録方式(面内記録方式ともいう)が使用されてきた．

この長手記録方式は**図 1.5** (a)のように磁化の方向がN極とN極，S極とS極とが隣りあっ

表 1.18　大容量FDD

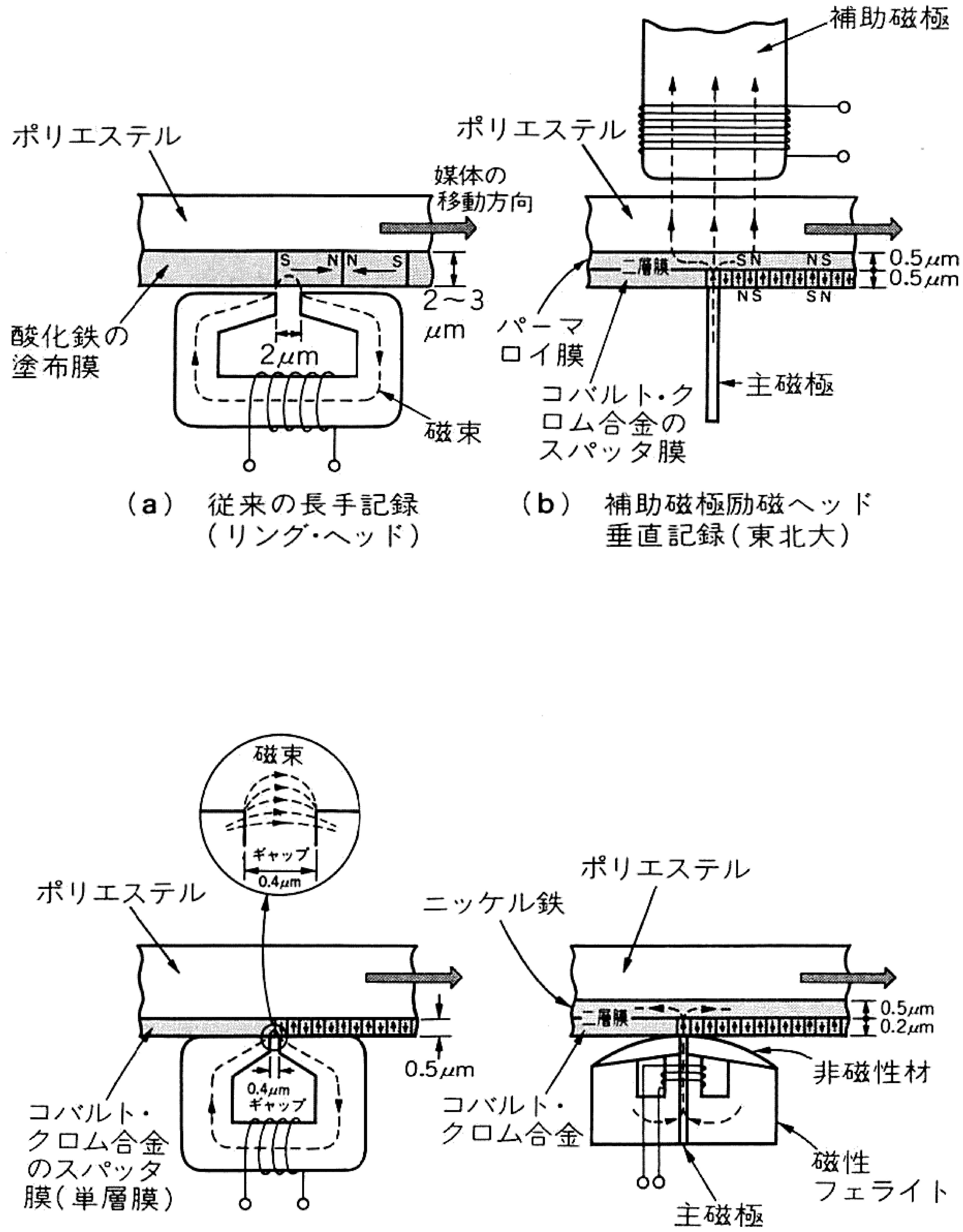
メーカ ディスク・サイズ(インチ)	IOMEGA 5¼	Burroughs 8	Persci 8	Drivetec 5¼	APPLE 5¼	Micropolis 5¼
型　名	Beta-5			Model-320	Unifile	メガ・フロッピ 1117Ⅳ
アンフォーマット容量(Mバイト)		3.131	3.776	3.33	0.8714	2.175
フォーマット容量(Mバイト)	5.2					
最大ビット密度(BPI)	17373	7100				12000
トラック密度(TPI)	434	150	150	192	62.5	100
データ転送速度(kビット/秒)	5000			500		500
回転数(rpm)	1964				可　変	
外形寸法(mm)				41×146×203		
特　徴	フローティング・ヘッド，埋込みトラック・サーボ， 片面	内外周2本のサーボ・トラック	埋込みトラック・サーボ	ステッピング・モータを2個使用し，粗調微調する 両面	トラックにより回転数を変化しBPIを一定. 両面	リード・スクリュ

表 1.19　各種の垂直磁気記録方式

		東北大方式	東芝方式	ソニー方式	松下方式
ヘッド		補助磁極励磁型	リング・ヘッド ギャップ長0.4μm	単磁極(WSP)ヘッド コバルト・ベースのアモルファス磁性薄膜材使用	磁束密閉型単磁極(CMF)ヘッド コバルト・アモルファス系
ディスク	層数	二層膜方式	単層方式	二層膜方式	二層膜方式 両面型
	高透磁率層	パーマロイ膜 0.5μm	ナシ	ニッケル・鉄 0.5μm	ニッケル・鉄
	垂直磁化層	コバルト・クロム 0.5μm	コバルト・クロム 0.5μm	コバルト・クロム 0.2μm	コバルト・クロム
記録容量			3Mバイト/片面	4Mバイト/片面	6Mバイト/片面
記録線密度			50kBPI	65.5kBPI	70kBPI
トラック密度			144TPI	135TPI	96TPI
トラック数			80	77	80
ディスク回転数			300 rpm	750 rpm	300 rpm
転送レート			1.5Mビット/秒	5Mビット/秒	3Mビット/秒
変調方式			MFM	MFM	——
試作装置外形			100(W)×130(D)×40(H)	104(W)×130(D)×51(H)*	146(W)×200(D)×41(H)*
ディスク径			3.5インチ	3.5インチ	5¼インチ・ディスク
ディスク・ジャケット・サイズ			90(W)×92(D)×3(H)	90(W)×94(D)×3.4(H)*	133.3(W)×133.3(D)×1.6(H)*
発表時期		昭和50年	昭和57年9月	昭和58年3月	昭和58年9月

＊　外観からの推定値

図 1.5　各種の垂直磁気記録方式



(a)　従来の長手記録（リング・ヘッド）
(b)　補助磁極励磁ヘッド垂直記録（東北大）
(c)　リング・ヘッド垂直記録（東芝試作）
(d)　単磁極ヘッド垂直記録（ソニー試作）

ているため，それぞれの磁束が打ち消しあう減磁作用が働き，高密度化には限界があった．このため，現在のフロッピ・ディスク装置では最高で 9600 BPI，ハード・ディスク装置でも 2 万数千BPI程度まであった．

これに比べ，垂直磁気記録方式では記録媒体の記録面に対し垂直に磁化させるため，隣りあう磁化の方向が逆になり，それぞれが強めあい，強い残留磁化が保持でき，高記録密度が可能になる．

この記録方式の応用としては，従来の長手記録方式の分野すべてが考えられるが，媒体の作りやすさ，ヘッド開発の容易さなどから，フロッピ・ディスク装置への応用がまず最

初に考えられている.

この垂直磁気記録方式は昭和50年に東北大学の岩崎教授が提案したもので,現在までに媒体，ヘッドに関しつぎに示す4方式が発表されている.

(2) 東北大方式：補助磁極励磁型ヘッド，二層媒体使用

(2) 東芝方式：リング・ヘッド，単層媒体使用

(3) ソニー方式：単磁極(WSP)ヘッド，二層媒体使用

(4) 松下技研方式：磁束密閉型単磁極(CMF)ヘッド，二層媒体使用

表1.19に示したように，東芝方式で50 kBPI，ソニー方式で65.5 kBPI，松下技研方式で70 kBPIと従来のフロッピ・ディスク装置に比べると，8～10倍程度の高い記録密度が得られる. 理論的には500 kBPI程度まで可能といわれ，今後媒体の改良とともに増々高記録密度になってゆくものと思われる. これらの試作機の記録容量は3～6 Mバイト/片面と，3.5インチ・サイズながら，5 ¼インチ・ウィンチェスタ・ディスクに近いものとなっている.

製品化時期については，ソニーは明言していないが，東芝は昭和59年，松下は60年半ばといっており,他のメーカの動向からも昭和59～60年ごろからサンプル出荷がはじまるものと思われる.

いずれにせよ，次期FDDとして期待される記録方式であり，VTR，マイクロFDDなどのような規格の混乱をまねかないよう，できるだけ早い時期に規格を統一することが望まれる.

第2章

FDDの機構と特徴

FDDを構成している要素は，FDDのサイズにかかわらず，つぎの八つに分類できる．

① ヘッドおよびヘッド支持機構

② ヘッド位置決め機構

③ ディスク駆動機構

④ ディスク・クランプ機構

⑤ ヘッド・ロード機構

⑥ ディスク保護機構

⑦ ステータス検出部

⑧ コントロール回路

各要素について，いままでにFDDに採用された機構について説明する．

2.1 ヘッドおよびヘッド支持機構

FDDはデータの互換性を保証するためトラック・ピッチに対し，いくぶん狭いトラック幅でデータを記録している．この様子を図2.2に示す．つまり，48 TPI FDDではトラック・ピッチ 529 μmに対しデータに使用するのは約60％しかない．ヘッドの位置ずれ(オフ・トラック)がなければ，リード/ライト・ヘッドのみでよいが，実際には図2.3のように必ずヘッドはトラック中心に対し多少のオフ・トラックをもつ．このオフ・トラックがあったときにも，データとデータの間隔を保証するため，リード/ライト・ヘッドの後方両側に配置されたのがイレーズ・ヘッドである．

このイレーズ・ヘッドの作り方は大別すると図2.1のようにトンネル・イレーズ・ヘッドとストラドル・ヘッドがある．これらのコア形状を図2.4に示す．IBMが8インチFDD

図 2.1　ヘッド構造の分類

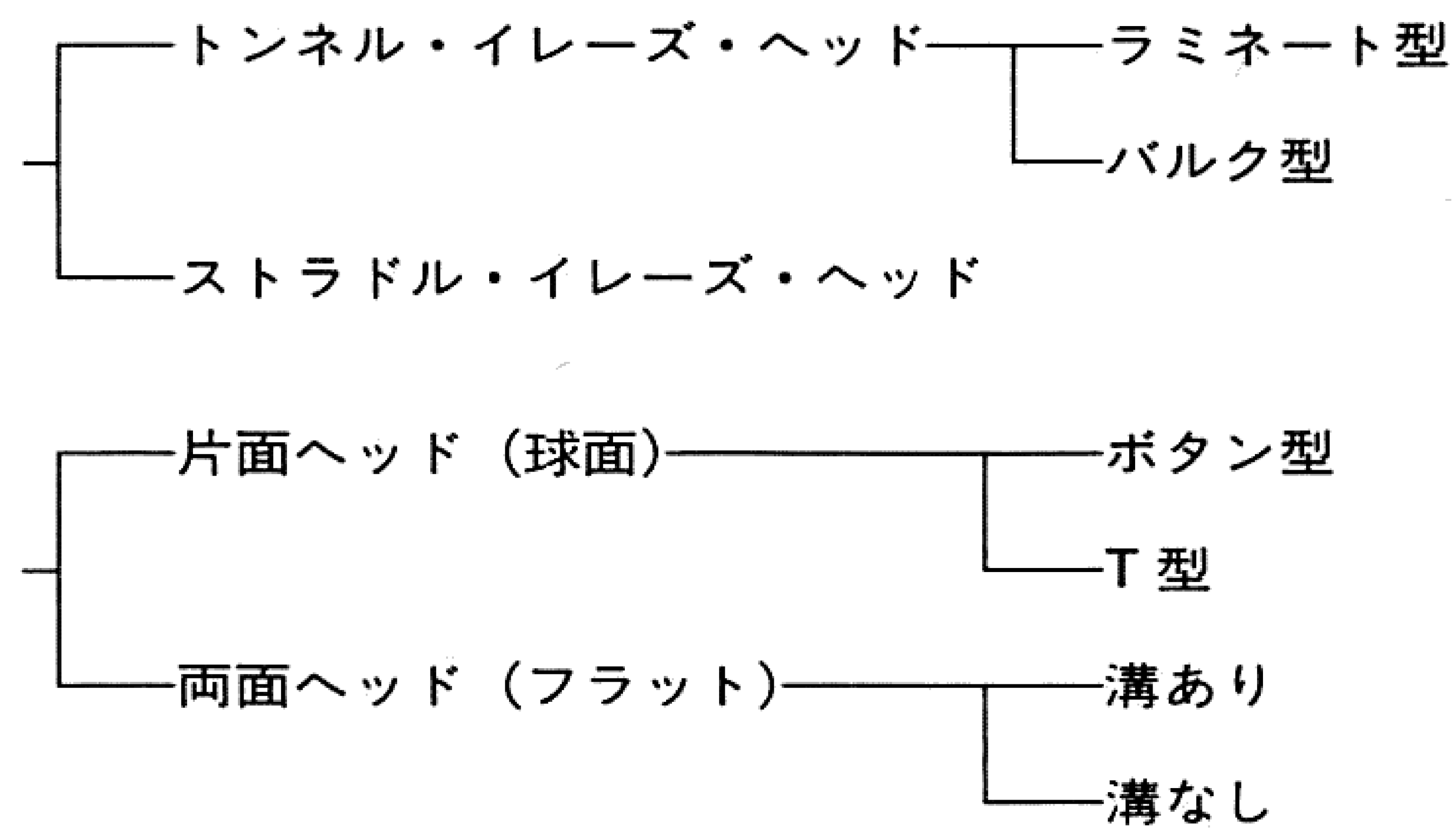


図 2.2　48 TPI FDDの標準トラック配置

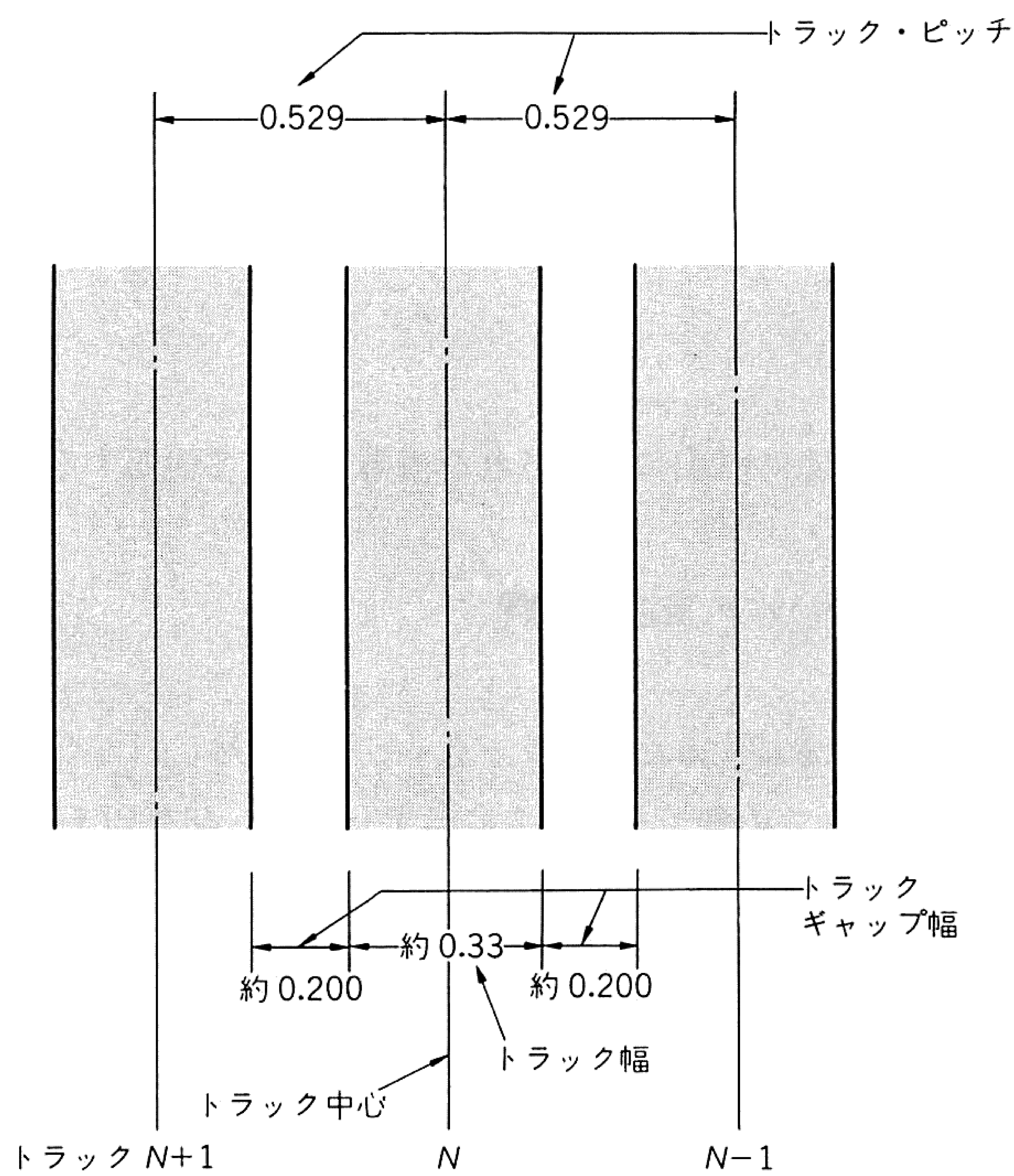


図 2.3 オフ・トラック時のデータ書込み

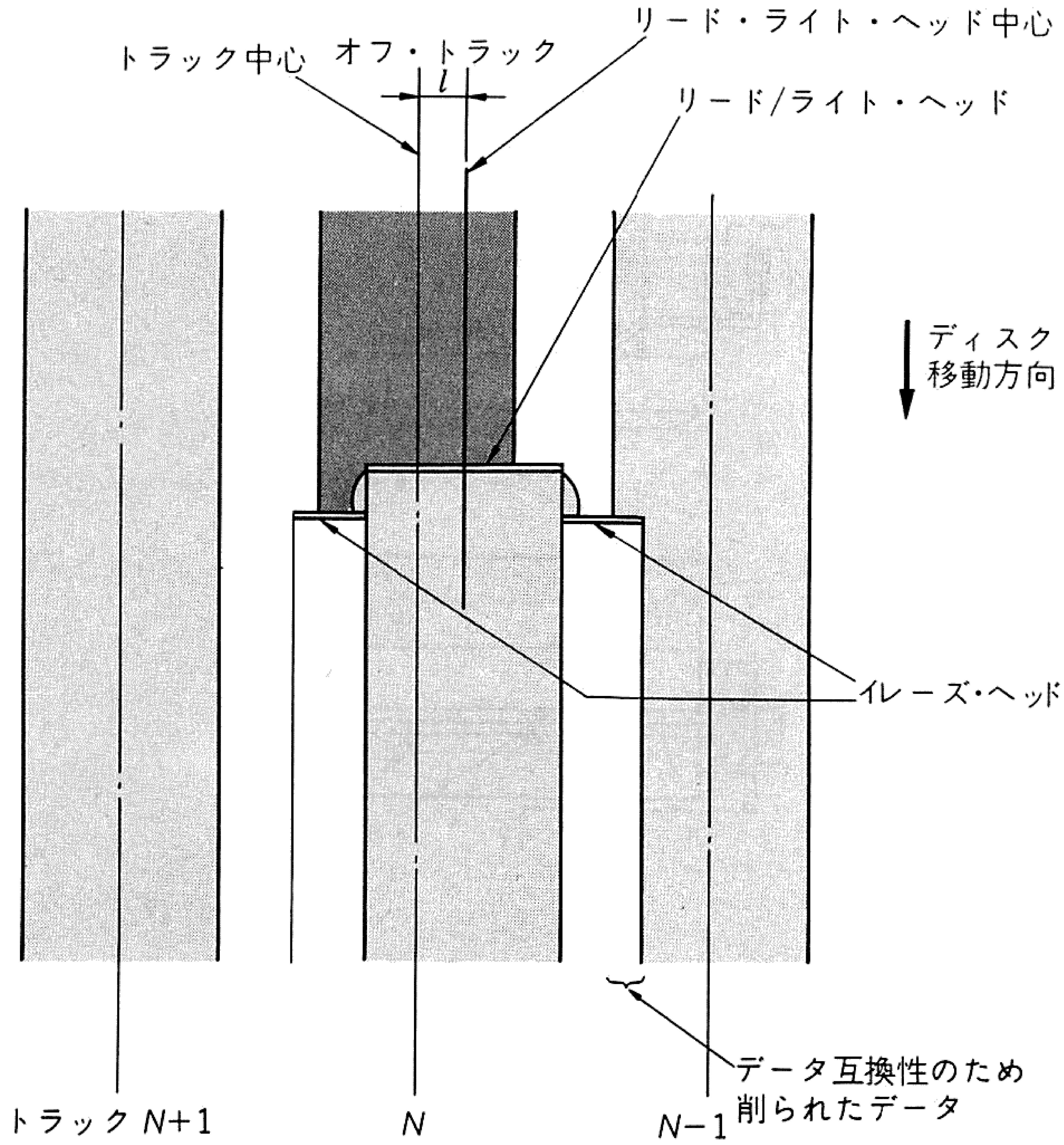
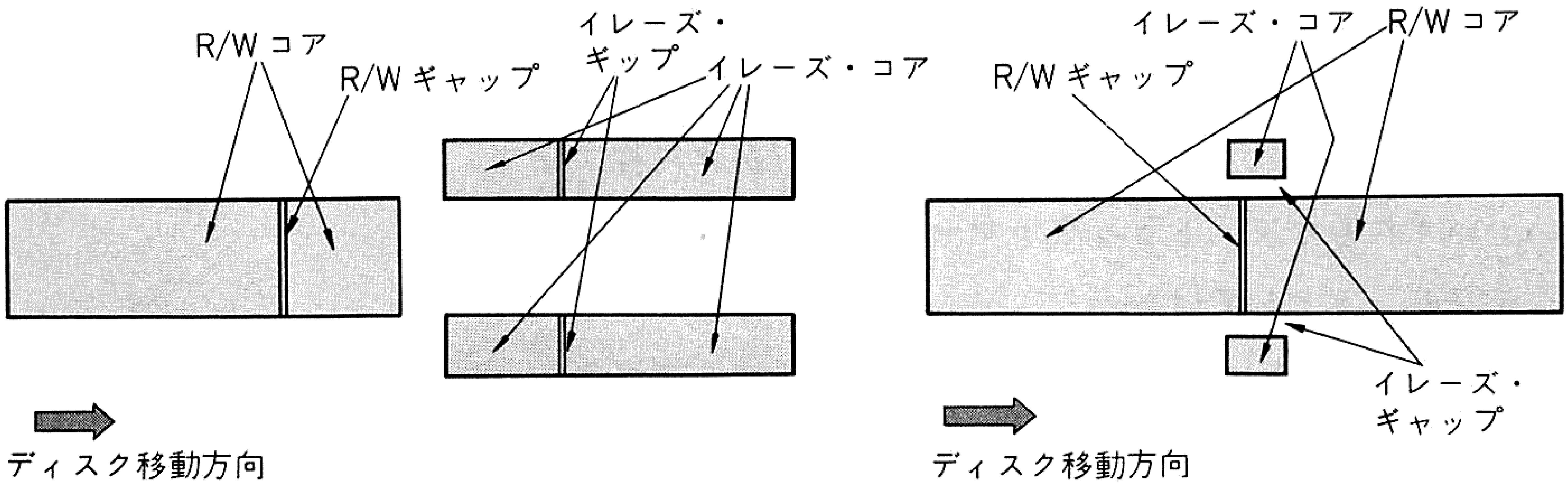
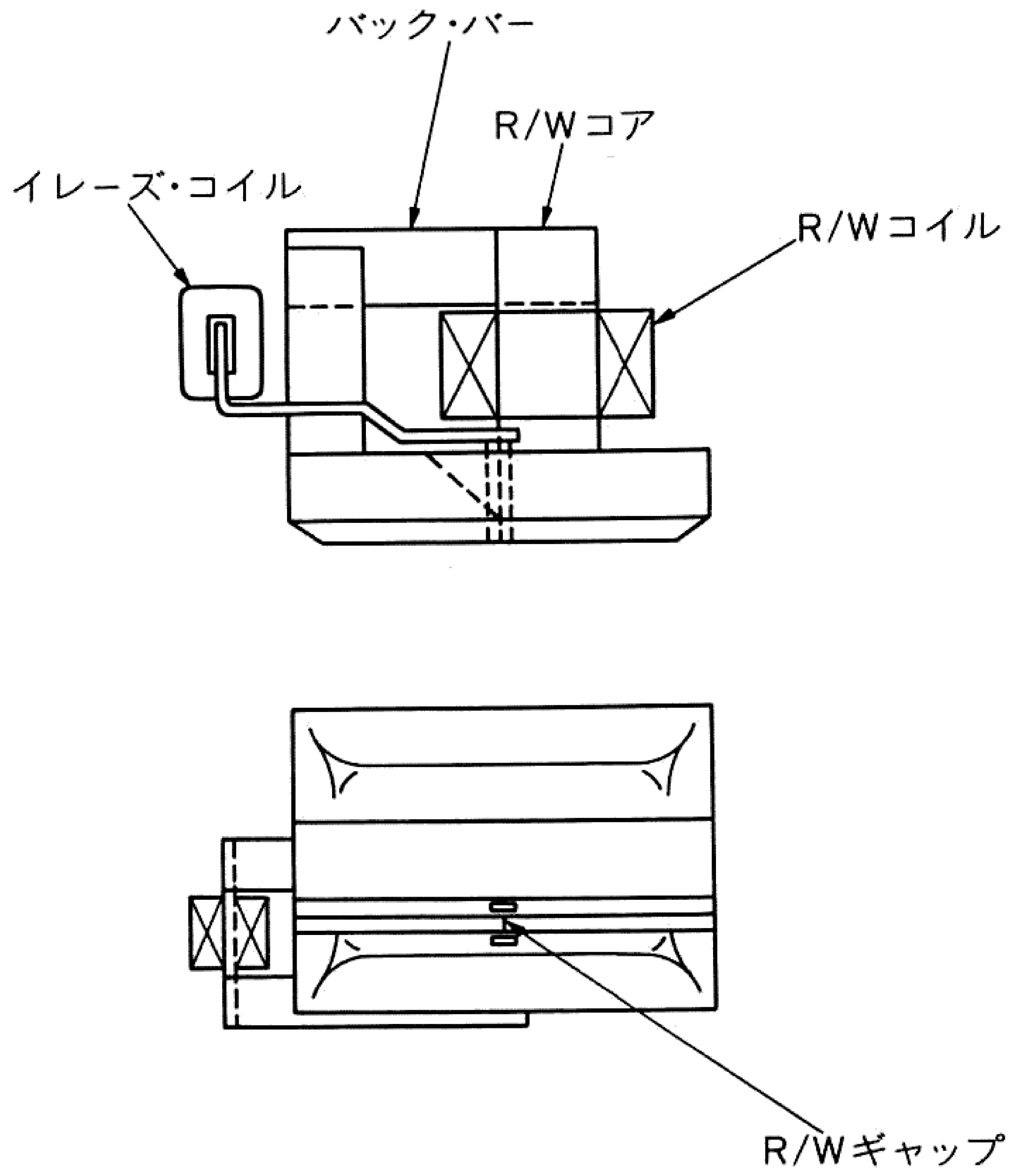


図 2.4 ヘッド・コア形状(ディスク側より見た図)



(a) トンネル・イレーズ・ヘッド　(b) ストラドル・ヘッド

図2.5　ストラドル・ヘッド構造例



にトンネル・イレーズ・ヘッドを採用しているため，データ互換性上，とくに国内ではこれが標準的になっている．このヘッドの主なメリットには，つぎのようなものがある．

(1) 生産性が良く，コストが安くできる．

高トラック密度用ヘッドにおいても，とくに生産上の問題はなく生産できる．

(2) オフ・トラック時の性能がよい．

ヘッドがオフ・トラックしたとき，イレーズ・ギャップが自分または隣りのデータ部分にのる．このときイレーズ・ヘッドに誘起する電圧がリード/ライト・コアに入りにくく，SN比がよい．また，オフ・トラック時の波形が非対称になり，マージンを下げる問題もない．いずれもオフ・トラック・マージンを上げるのに有効である．

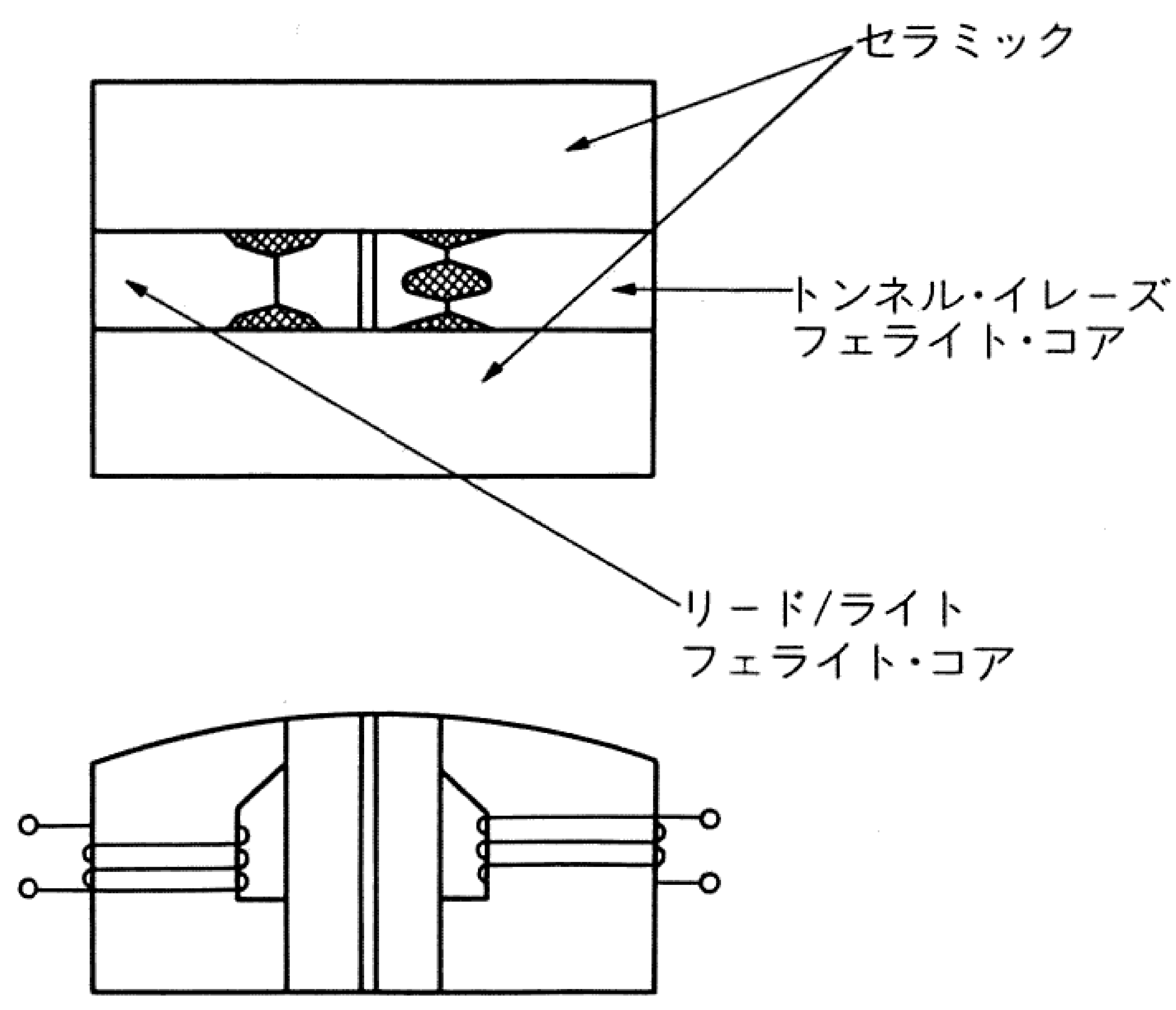
デメリットとしては，

(1) リード/ライト・ギャップとイレーズ・ギャップが600～900 μm程度離れるためイレーズ・ヘッドのON/OFF時間コントロールが必要である．

(2) トラック・フォーマットにおいて，イレーズ・ヘッドON/OFF時間用バッファとしてのギャップ長が長くなり，データ容量がやや少なくなる．

(3) 外部磁界による減磁が生じやすい．

図 2.6　バルク・タイプ・ヘッドの例[19)]



ソニーOA-D31V用ヘッド

などがある．

これは外部磁界が，主にイレーズ・ヘッドに磁気集中を起こし，記録されたデータの表面を消し，ヘッド出力電圧を下げてしまうためである．

その他，小さい問題はいくつかあるが，いずれも技術的に重要なものはない．

ストラドル・ヘッドは米国シュガート社など，主に海外でよく使用されていたヘッドである．**図 2.4**(a)および**図 2.5**のようにリード/ライト・ギャップの両横にイレーズ・コアを配置したものである．リード/ライト・ヘッドとイレーズ・ヘッドが同時にON/OFFできるため，コントロールが楽になり，トラック容量も増すが，SN比が悪いのと，とくに高トラック密度では作りにくい．また最近のFDD用コントロールLSI(FDC)がIBMタイプのフォーマットで設計されているため，とくにストラドル・ヘッドにする必要はなく，トンネル・イレーズ・タイプに移行している．

3インチ，3.5インチのFDDはトンネル・イレーズ・ヘッドであるが，従来から使用されているラミネート型でなく，単結晶フェライトを一部切削してリード・ライト・ギャップ，イレーズ・ギャップを作ったVTRヘッド・タイプ(バルク・タイプともいう)が使用されている(**図 2.6** 参照)．ヘッド支持法の分類を**図 2.7** に示す．

片面型ヘッドは，前述したヘッドを**図 2.8**のようなボタン型またはT型をしたモールド・ケースにうめこみ，表面を球面に仕上げたものを使用する．

図 2.7　ヘッド支持法の分類

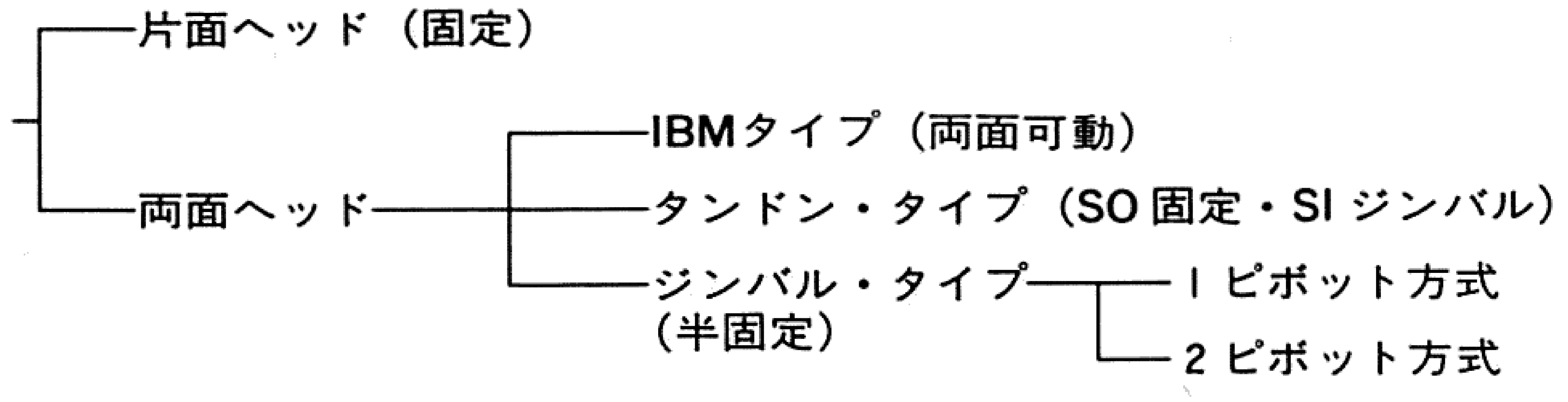
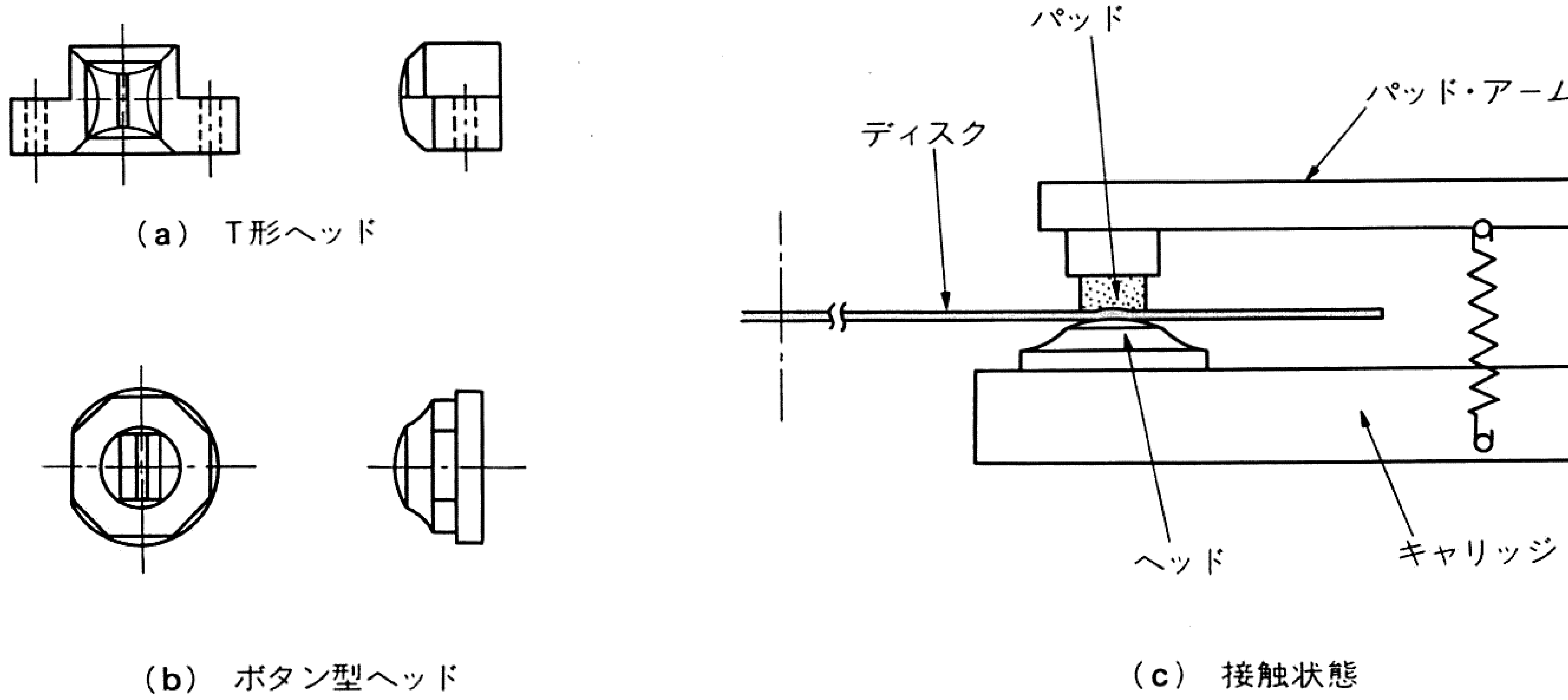


図 2.8　片面用ヘッド外形と接触方式



(c) 接触状態

ディスクは，フェルト状のパッドによりこの球面になったヘッド面に押しつけられた状態で回転し，書込み/読出しが行われる．

両面用ヘッドは図 2.9 に示すようリード/ライト・コア，イレーズ・コアをセラミックのスライダに埋めこみ表面を平面に仕上げたうえで，これを上下数トラックずらして配置する．図 2.10 は8インチと5¼インチの48 TPI FDDおよび5¼インチ96 TPI FDDのヘッド配置，トラック配置を示したものである．サイド0とサイド1のヘッドは，たがいに4または8トラックずれている．ただ，このずれた状態で同一のトラック番号がつけられているため，インターフェースから見たかぎりでは同じ場所とみなせる．マイクロFDDでは3.5インチは5インチと同じ考え方，つまり80トラック・タイプでは8トラック，40トラック・タイプでは4トラックずれている．3インチでは40トラックで8トラックずれている．

図 2.9　両面用ヘッド[4)]

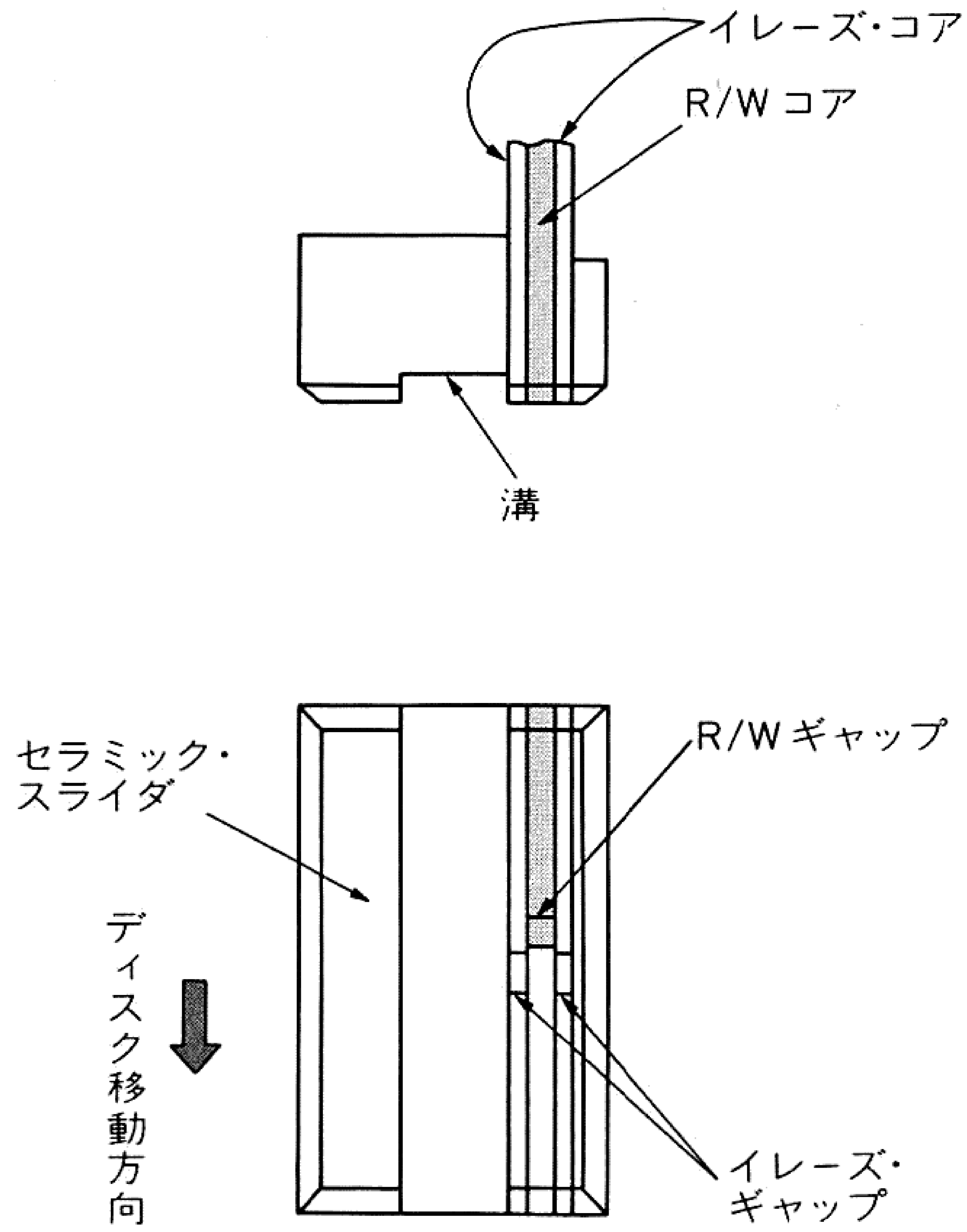
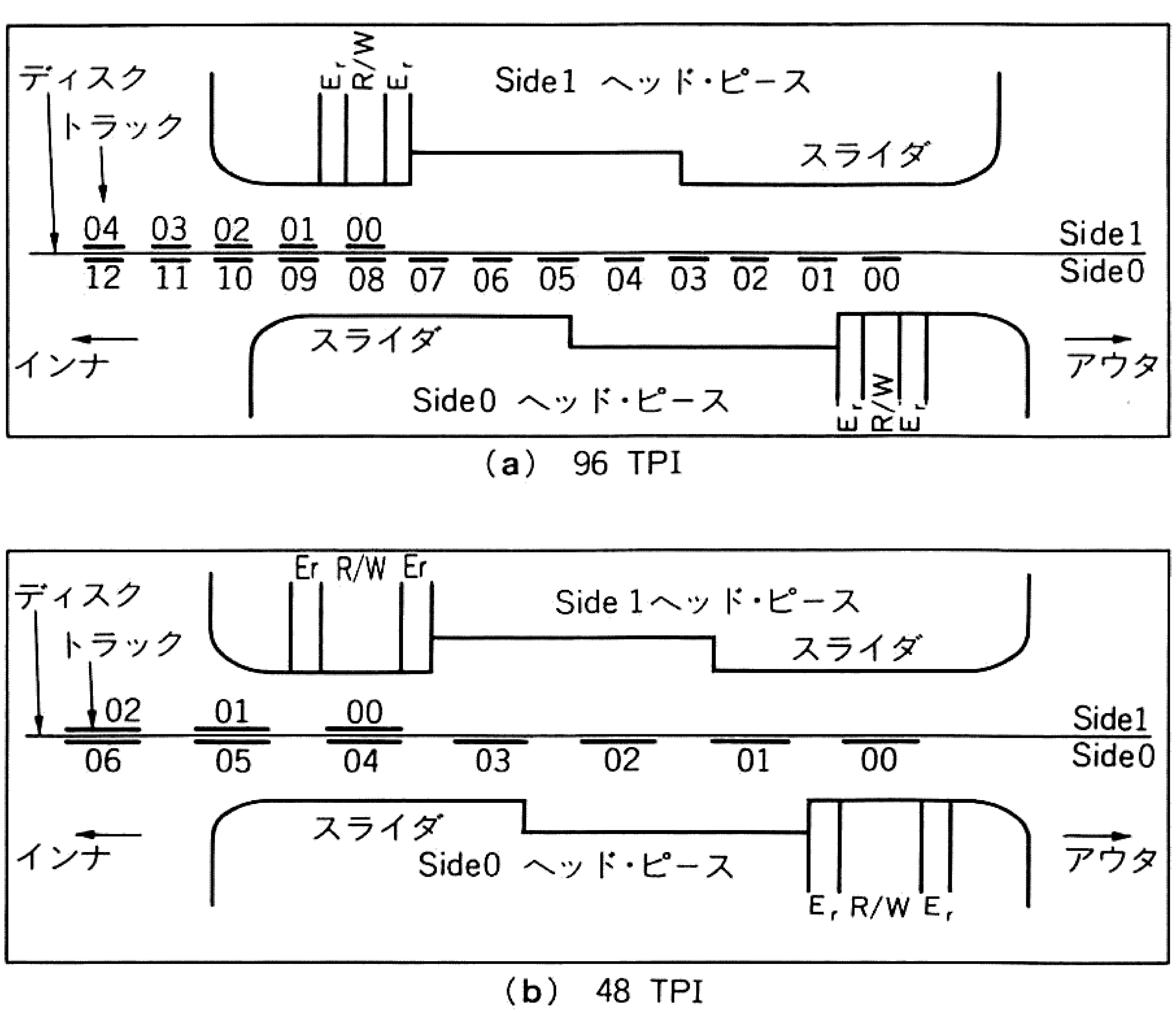
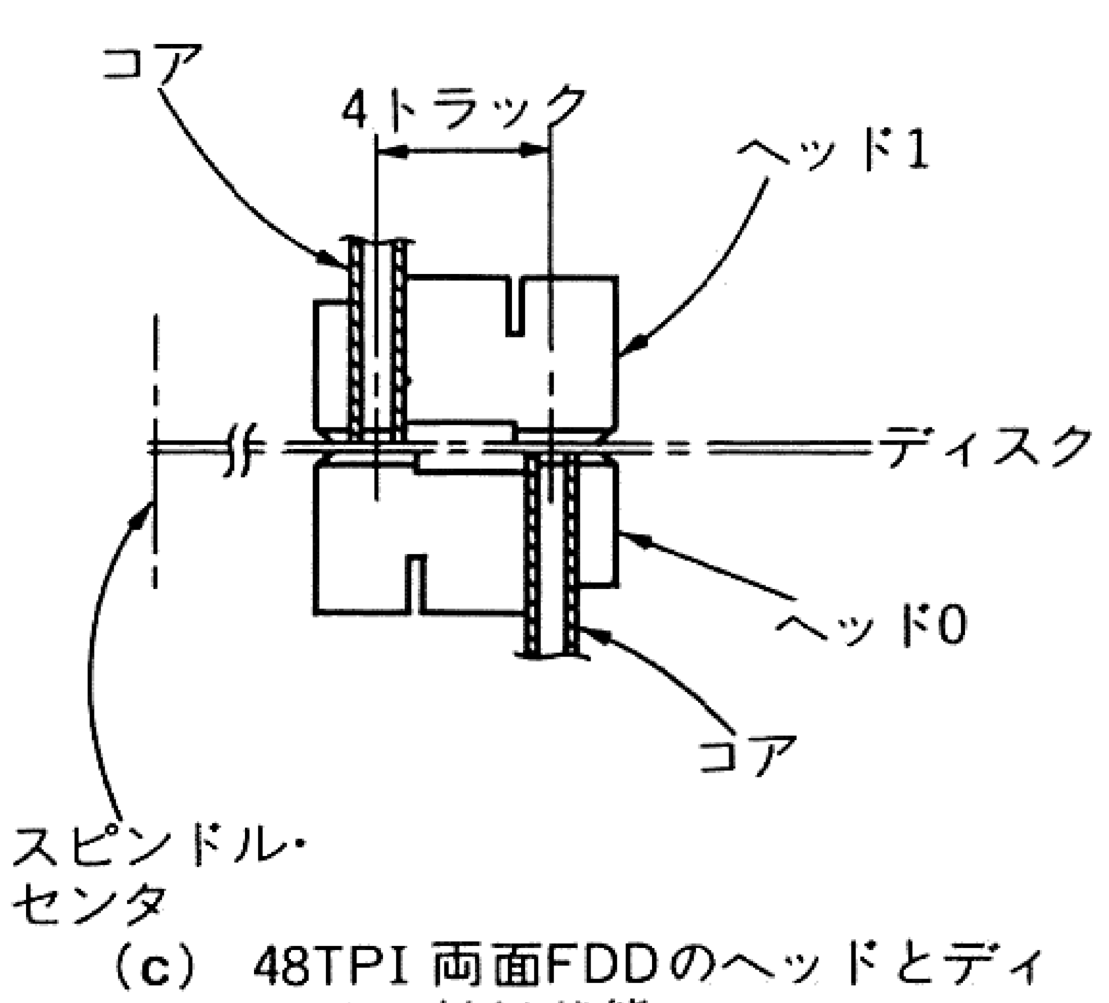


図 2.10　ヘッドとトラック配置(ヘッドがトラック 00 にいる場合)



(a) 96 TPI

(b) 48 TPI



(c) 48TPI 両面FDDのヘッドとディスクの接触状態

サイド0と，サイド1 のトラックは48TPIのとき4トラック，96TPIのとき8トラックずれている．

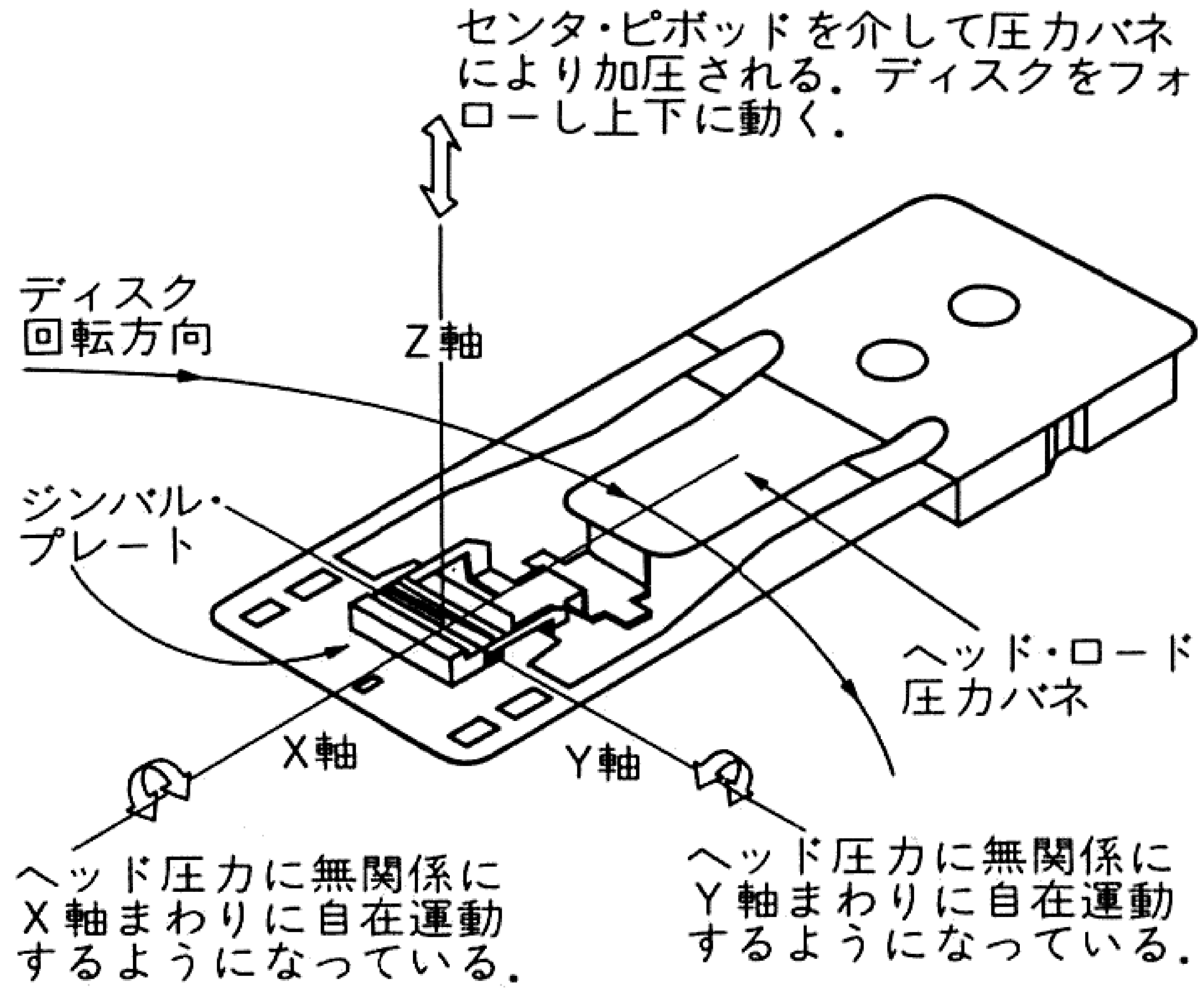
48 TPIと96 TPIのヘッド配置は図**2.10**からわかるように48 TPIの0，1，2，3…トラックに対し，96 TPIの0，2，4，6…トラック位置が合うように設計されている．つまり40トラックで書かれたディスクは80トラックのFDDで正常に読出しできる．ただし，書込みはトラック幅の関係でできない．

両面ヘッドのヘッド支持機構にはいろいろむずかしい点があり，現在は主に下記の3通りが使われている．

一つ目はIBMタイプの両面可動方式(図**2.11**参照)で，これは，IBM 43 FD, 53 FDに使用されていた方式で，一般FDDメーカの当初の8インチFDDも，ほとんどこのタイプが使用されていた．特徴は両ヘッドとも可動なためディスクの動きに対してヘッドの追従性がよく，ヘッドとヘッドを押し付ける圧力(ヘッド圧)が5～10 g程度と低い値ですむ．これは，ヘッドおよびディスクの寿命のためによい．

欠点としては，両ヘッドが可動でかつへなへなのジンバル・プレートで支持されているため，ヘッド・ロードOFF時の姿勢が不安定となり，その調整のため生産性が上げにくい．また，同じく両ヘッド可動なためヘッド・ロード時もヘッドの位置安定性が悪い．図**2.12**のようにディスクの波打ち，ヘッド自重，ドライブの姿勢などでディスクが中心位置より上にずれるとサイド0のヘッドは外周側へ，サイド1のヘッドは内周側へオフ・トラックしてしまう．逆に下にずれれば，これと逆の動きとなり，やはりオフ・トラックとなる．このため，場合によってはFDDの使用される姿勢により調整値を変えることも行われた．

図**2.11** IBMタイプ・ヘッド支持機構[4)]



二つ目はタンドン・タイプと呼ばれているサイド0ヘッド固定，サイド1ヘッド可動としたものである．名前のタンドンは米国のヘッド・メーカTANDONのことであり，ここがこの方式の特許をもっている．構造は非常に簡単で，片面用ヘッドの表面をフラットにし，パッドのかわりにサイド1ヘッドを取り付けたものである．ヘッド・ロード時は両ヘッドとも固定されるため位置安定性はよいが，メディアの動きをヘッドで押えつける必要があるため，どうしてもヘッド圧が高くなり，ヘッド・メディア寿命に問題が出やすい．またタップ・タップ・テストでも不利である．

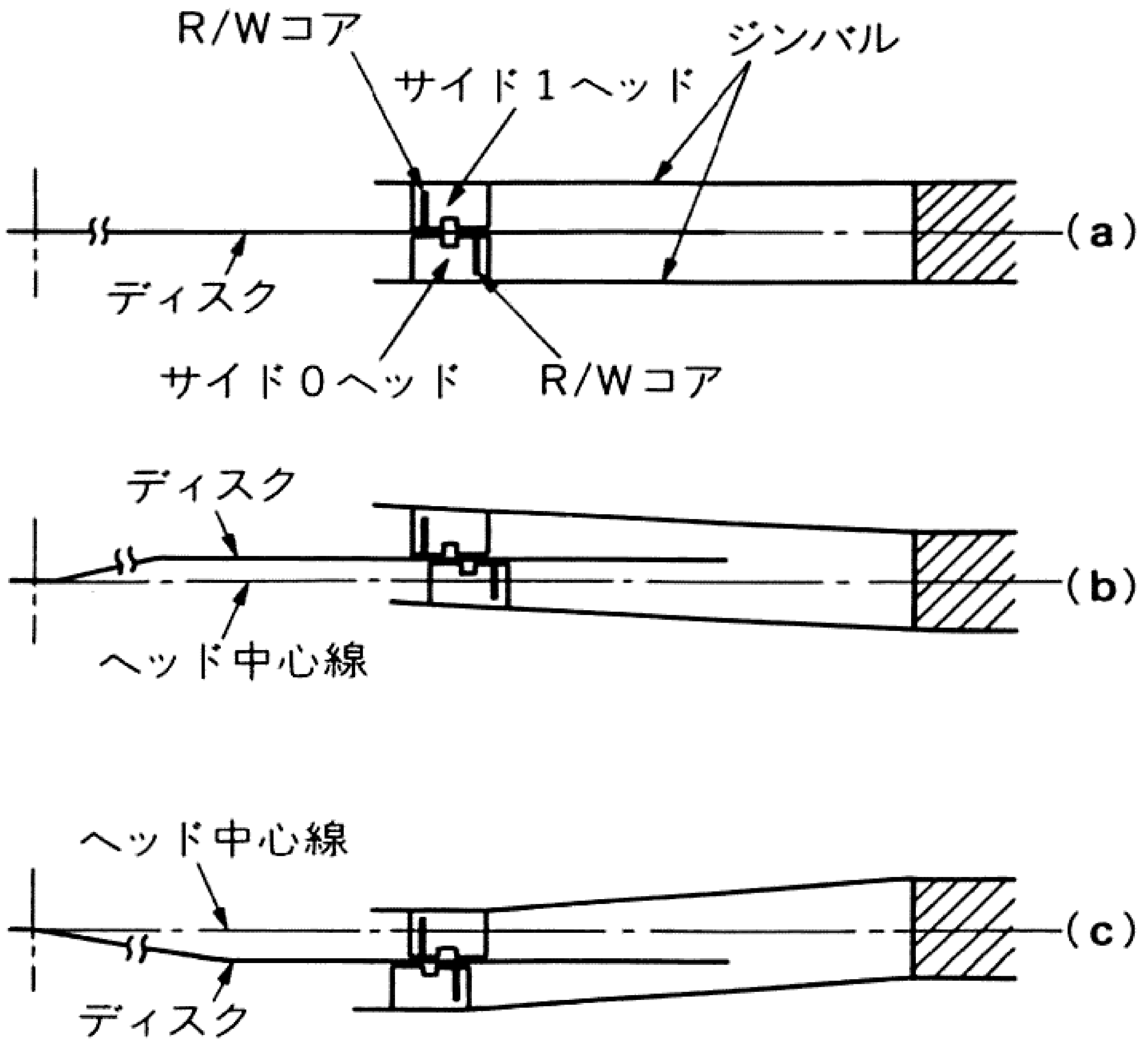
三番目がジンバル・タイプである．これはIBMタイプとタンドン・タイプの中間に位置するもので，サイド0ヘッドはX，Y軸またはX軸にのみ動き，Z軸方向へは動かない．サイド1ヘッドはサイド0にならう型になる．特性的にも前二つの中間となり，比較的特性が安定しているため，最近よく使用されている(図2.13参照)．

2.2 ヘッド位置決め機構

キャリッジと呼ばれるスライド・ベースに乗ったヘッドは1本または2本のガイド・バーによりディスクのトラックに対し直角方向にスライドする．

ヘッド移動の駆動源としては図2.14に分類したような各種方法が用いられている．一般的には，ロータリ・タイプのステッピング・モータによるものが多いが，リニア・ステッ

図2.12 IBMヘッド支持によるオフ・トラック



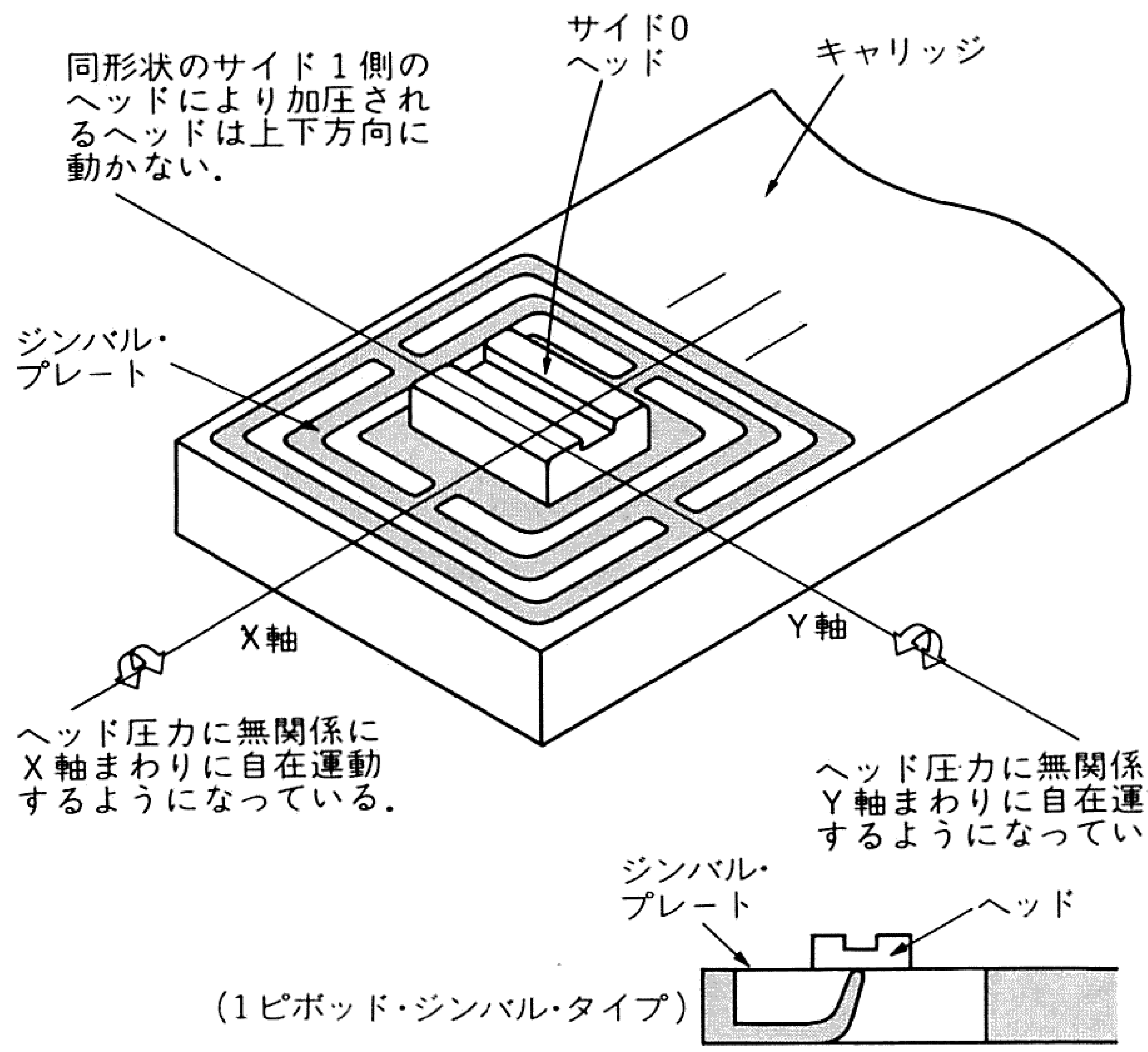


図 2.13 ジンバル・タイプ・ヘッド支持機構

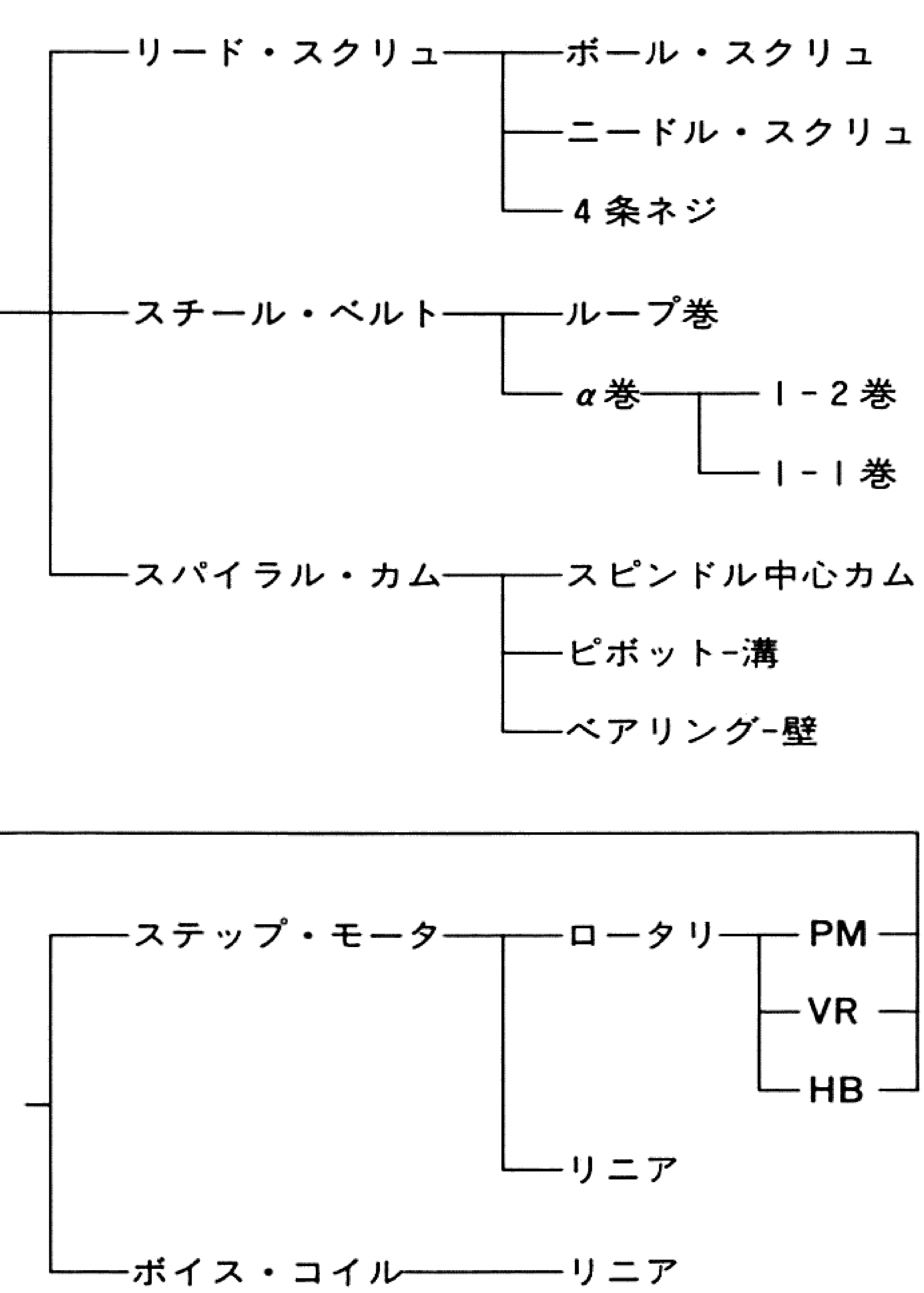
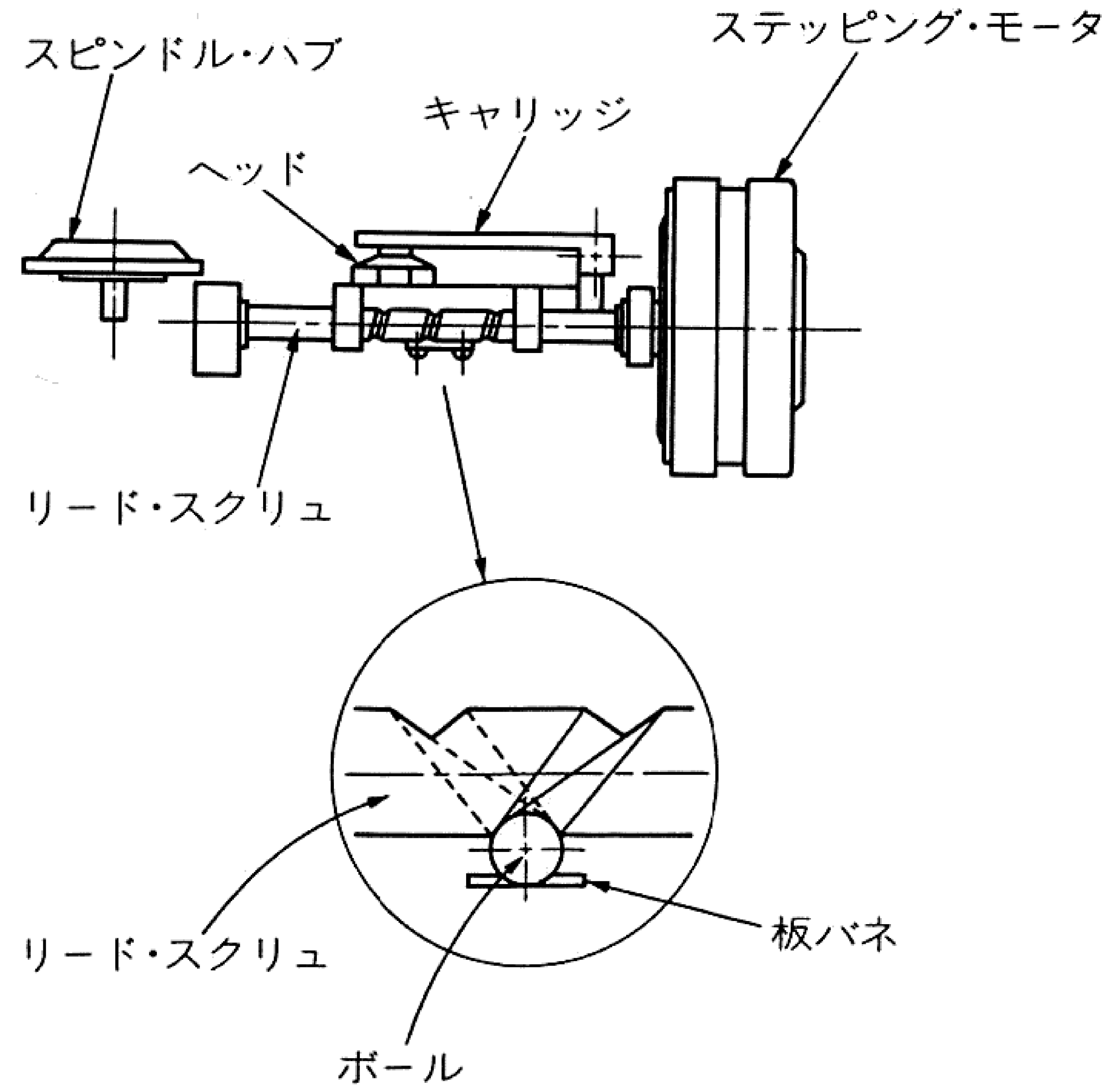


図 2.14 ヘッド位置決め機構

図 2.15 ボール・スクリュ方式のヘッド位置決め機構



ピング・モータやボイス・コイルのリニア・モータを使用したものも製品化されている．

ロータリ・タイプのステッピング・モータとしてはVR(Variable Reluctance)型，PM(Permanent Magnet)型，HB(Hybrid)型が用いられている．最近は，西独ベルガー社の開発したベルガー・タイプと呼ばれる42 mmまたは39 mm角のHB型が多く用いられている．

ステッピング・モータからキャリッジへの力の伝達方式は，①リード・スクリュ方式，②スチール・ベルト方式，③スパイラル・カム方式，の三つに大別できる．

リード・スクリュ方式は図 2.15 のように，ステッピング・モータのシャフトにネジ状の溝を切り，この溝を使ってキャリッジを動かすもので，初期のFDDによく用いられていた．

ボール・スクリュはこの溝をV字型にしキャリッジからのびた板バネでボールを押しつけ，ここでシャフトの回転を直線運動に変更する方式であり，V溝，ボール，板バネのボール受け部の，どれが摩耗しても中心位置が変化しないため，ヘッド位置ずれを起こしにくい．しかし，力の伝達効率がやや悪く，ステッピング・モータに大きなパワーが必要となる．またステップ・レートもあまり上げられない．

ニードル・スクリュは同じ考え方で，ボールのかわりにピン(ニードル)を使用したものである．最近では，ソニーの 3.5 インチ・マイクロFDDがこの方式を使用している(図 2.16 参照)．

図 2.16 ニードル・スクリュ・ヘッド位置決め方式[19)]

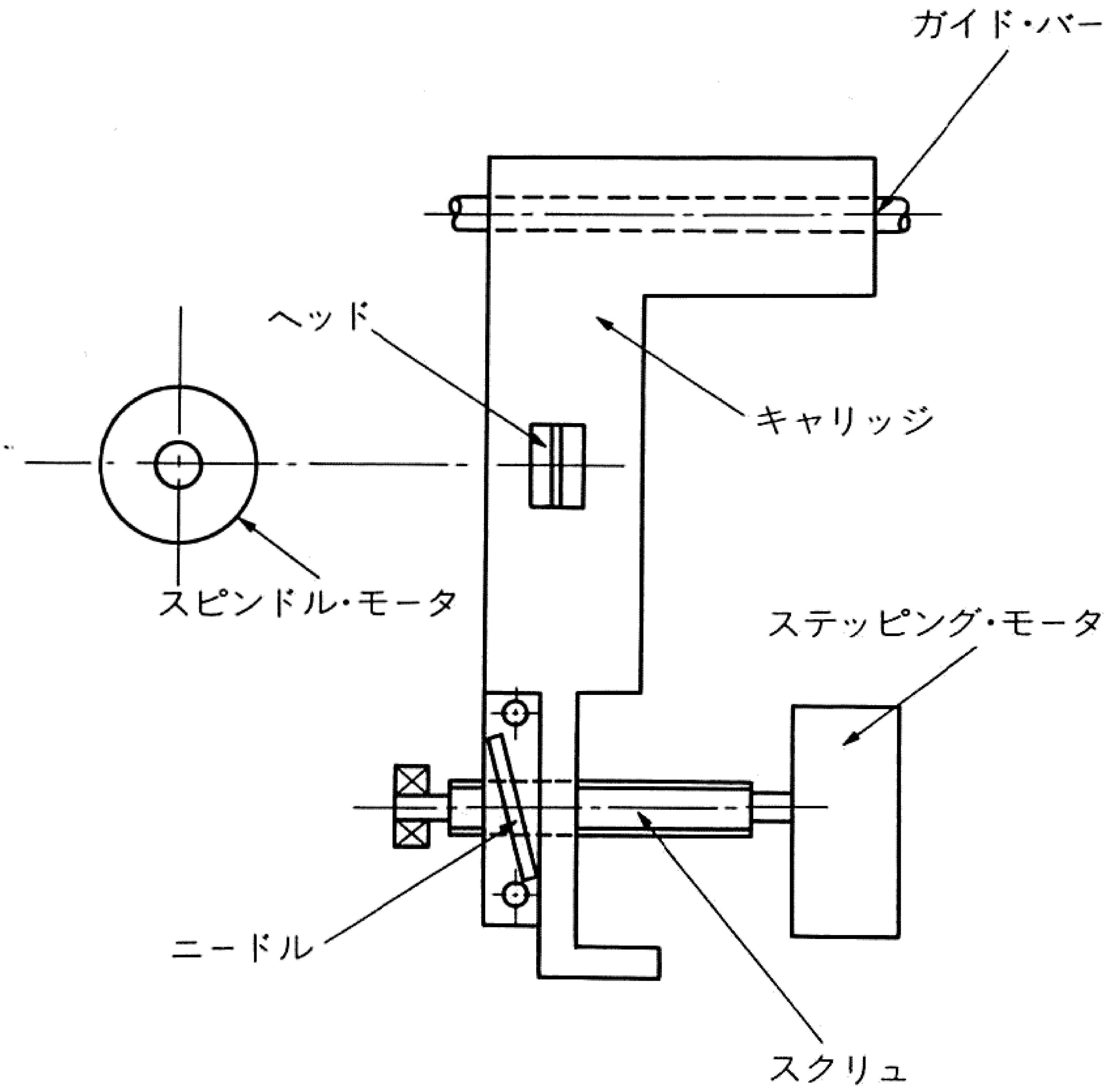
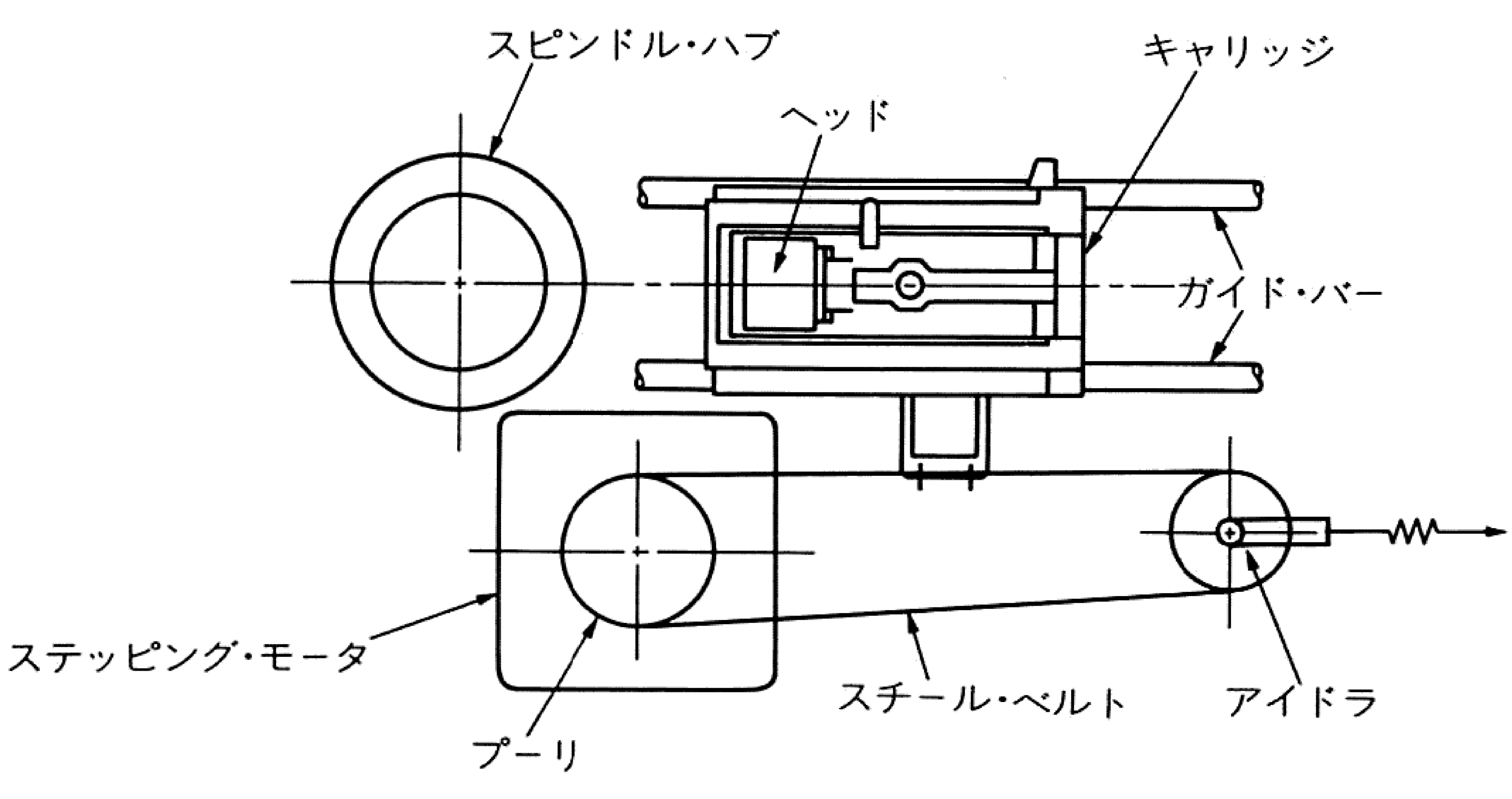


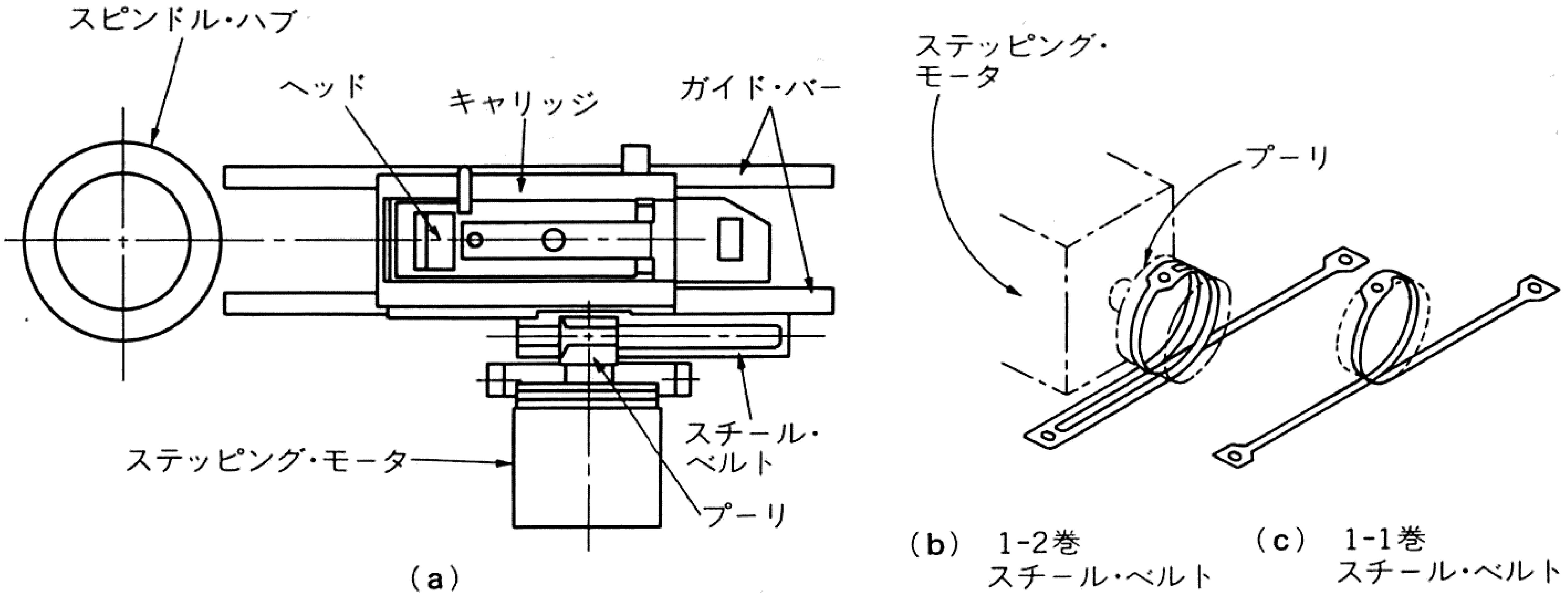
図 2.17 ループ式スチール・ベルト・ヘッド位置決め方式



最近良く用いられているのがスチール・ベルト方式である．この方式はループ巻とα巻に分類できる．

ループ巻は図 2.17 のようにステッピング・モータのプーリとアイドラにステンレス系のスチール・ベルトを輪にしたものをかけ，プーリに1ヵ所固定する．キャリッジをこのベルトの途中に固定する．プーリの回転によりキャリッジは左右に移動する．スチール・ベ

図 2.18　α巻スチール・ベルト・ヘッド位置決め方式



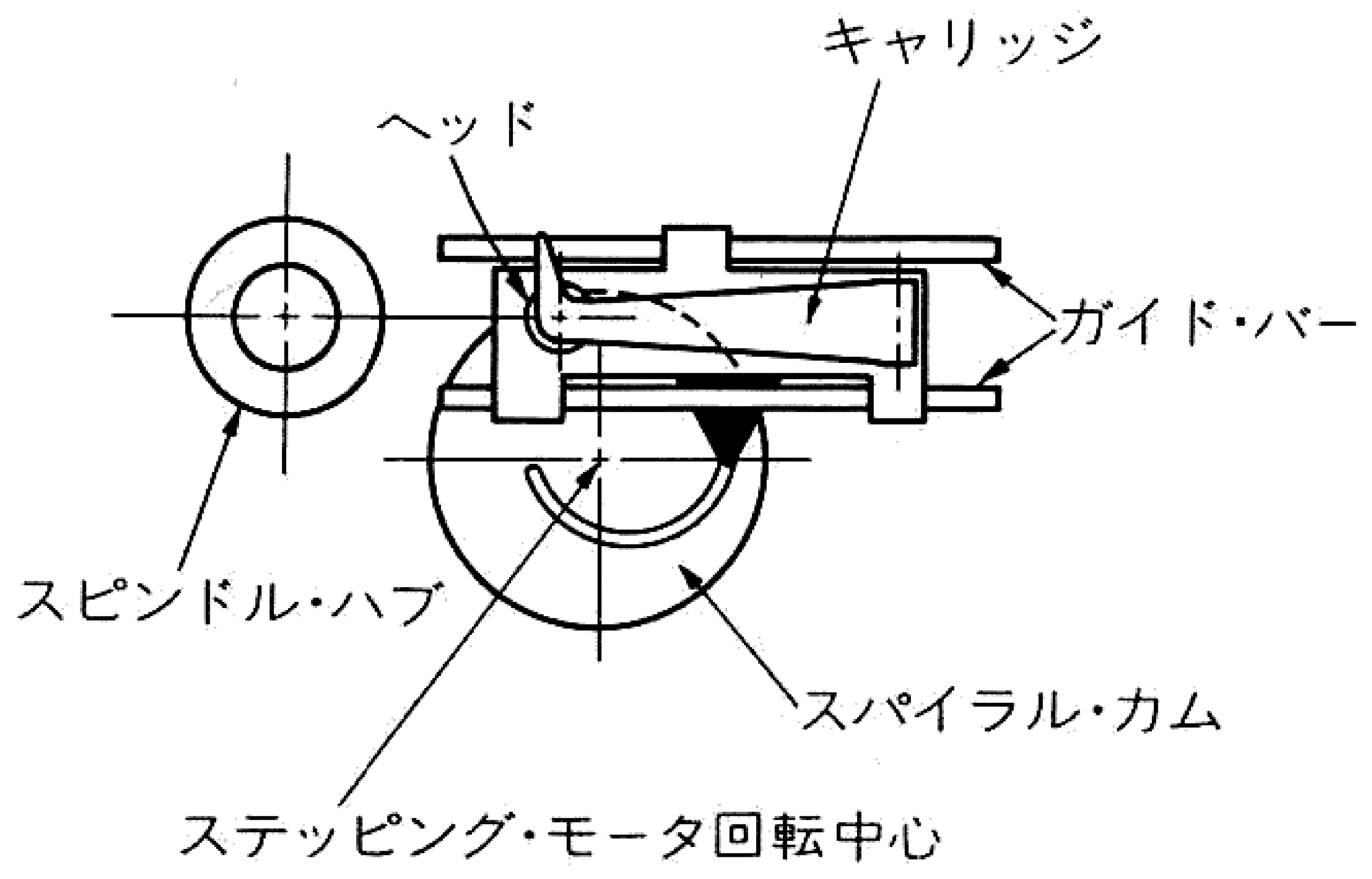
ルトの1ヵ所がプーリに固定されているため，プーリは180度以上回転できない．一般的には1.8°/stepのステッピング・モータを用い，1トラック/1ステップで使用する．この方式はIBMの8インチ両面FDD 43FD, 53FDが使用していたもので，8インチの従来(厚)型FDDでよく用いられていた．最近の5¼インチ薄型FDDでも用いているものがある．

α巻スチール・ベルト方式は図 2.18 のようにスチール・ベルトをプーリに巻きつけられるように加工し，このベルトの両端をキャリッジに固定したものである．ベルトがプーリに巻きつく形がαに似ていることからα巻と呼ばれている．プーリとベルトは1ヵ所が固定される．ベルトの形状は，一般的には片側が中央に1本で，プーリ上で両側2本になる1-2巻(同図(b))が多いが，特許問題もあり1-1巻(同図(c))も一部使用されている．

これらのスチール・ベルト方式はヘッド駆動系の摩擦が少なく，小さいパワーのステッピング・モータで高速なヘッド送りが可能となる．8インチ，5¼インチ，マイクロFDDを問わず，最高速はこの方式で1トラック3msのステップ・レートになっている．ただ，ステッピング・モータの位置決め精度がヘッド位置精度に直接出るため，高精度のステッピング・モータが要求される．この方式のほとんどのFDDが，1.8°または3.6°/stepのハイブリッド型のステッピング・モータを使用している．

スパイラル・カム方式はステッピング・モータにより駆動される円板上に回転角度により位置が変化するような渦巻(スパイラル)状の溝，または壁を設け，これをたよりにキャリッジの位置決めを行うもので，他の方式に比べコスト的には多少有利であるが，精度は上げにくく，高トラック密度の機械にはむかない．また，リード・スクリュと同じで，ヘッド送り速度も上らない(図 2.19 参照)．

図2.19 スパイラル・カム・ヘッド位置決め方式



以上，スパイラル・カムについての説明は，従来の5¼インチFDDのものであるが，IBMが4インチFDDに使用したスパイラル・カム方式は，ややおもむきを異にしている．図2.20がIBM 4インチFDD 341のヘッド位置決め機構である．これに使用されているカムは二つの大きな特徴をもっている．一つはカムの中心がスピンドル中心と一致している．もう一つはカムの表面(位置決めに使用する面)は普通の曲面でなく，波をうったように凹凸している．つまりこの凹部の寸法がスピンドル中心から正確に加工されており，この範囲にヘッド位置決めベアリングが入れば，ヘッドの位置精度はステッピング・モータの精度に無関係になる．このため，ステッピング・モータの角度精度はかなり悪くても問題にならない．またヘッド位置はスピンドル中心からの距離(カムの大きさ)で決まるためヘッドやカムを交換してもヘッド位置調整は不要となる．

リニア・ステッピング・モータを使用したFDDはまだ多くないが，沖電気工業の5¼インチFDDはそれが使用されている一つである．これは約24 ϕの円筒形のステッピング・モータであり，スライダに直接ヘッドが取り付くため，非常にシンプルな機構になっている．

ボイス・コイル方式はトラック・サーボの必要なハード・ディスクにはよく用いられているが，FDDではコスト面からか使用例は少ない．トラック・サーボの必要な高トラック密度FDDに使用されているほかは，エプソン製の5¼インチFDDに採用されているぐらいである．

2.3 ディスク駆動機構

ディスク駆動機構を分類すると図2.21のようになる．8インチFDDの当初のものは，ほとんどがディスク駆動用モータとしてACモータを使っていた．おもにAC電源に同期して

図 2.20　IBMスパイラル・カム方式のヘッド位置決め方式

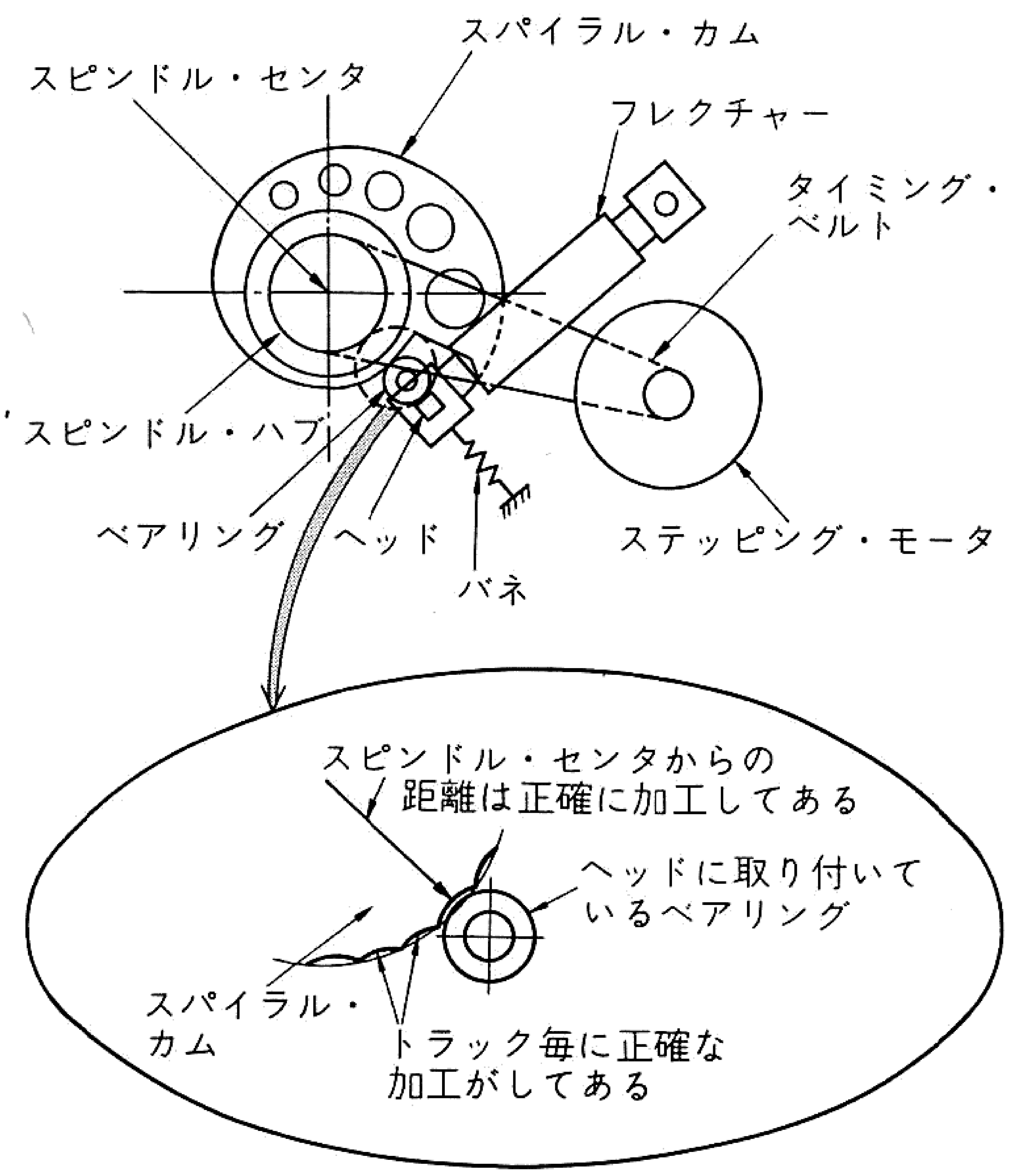


図 2.21　ディスク駆動機構の分類

- AC モーター
  - インダクション・モーター――ゴム・ベルト
  - シンクロナス・モーター――ゴム・ベルト
- DC モーター
  - ブラシ付きモーター
    - ベルト方式
      - ゴム・ベルト
      - カプトン（ポリイミド）ベルト
    - ダイレクト方式
  - ブラシレス・モーター
    - ベルト方式――ゴム・ベルト
    - ダイレクト
      - アキシャル・ギャップ
      - ラジアル・ギャップ

回わるシンクロナス・モータが使用されていたが，電源周波数の異なる地域への出荷があるとモータのプーリを付け替えたり，あるいは50 Hz→ 60 Hzへの変更ではベルトの周長が変わるためベルトの交換が必要だったりで，かなり面倒であった．

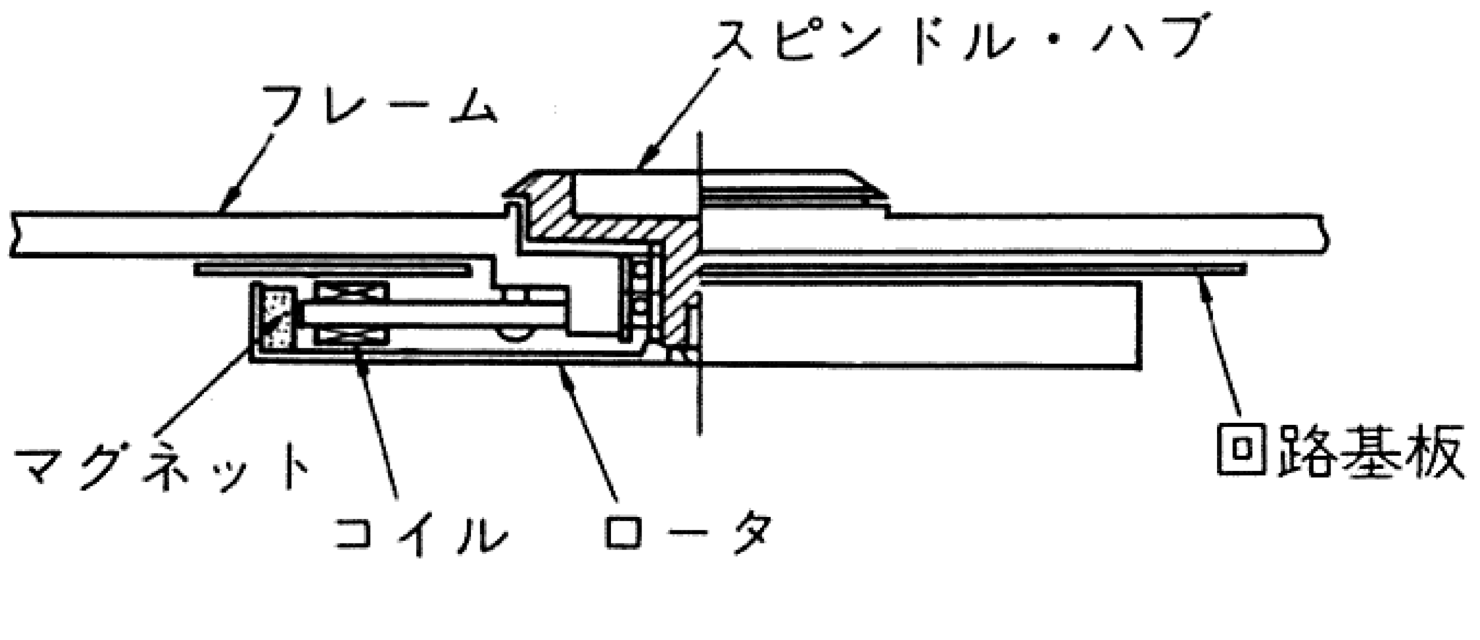
これに対し5 ¼インチFDDは当初からDCモータが使用されていたため，このようなトラブルはなかった．最近の8インチFDDも薄形化と同時に駆動モータのDC電源化が進み，ほとんどがDC 24 Vで駆動できる．5 ¼インチFDDはDC 12 V電源を使用する．

DCモータは当初ブラシ付きのサーボ・モータが使用されていたが，ブラシの寿命が通常だと2000～3000時間程度で，これではドライブ本体の寿命に比べ短いため，書込み/読出し時にのみモータを回わすという制御が必要とされた．またベルトも比較的寿命の短い部品であり，信頼性を高めるためには定期的に交換する必要があった．

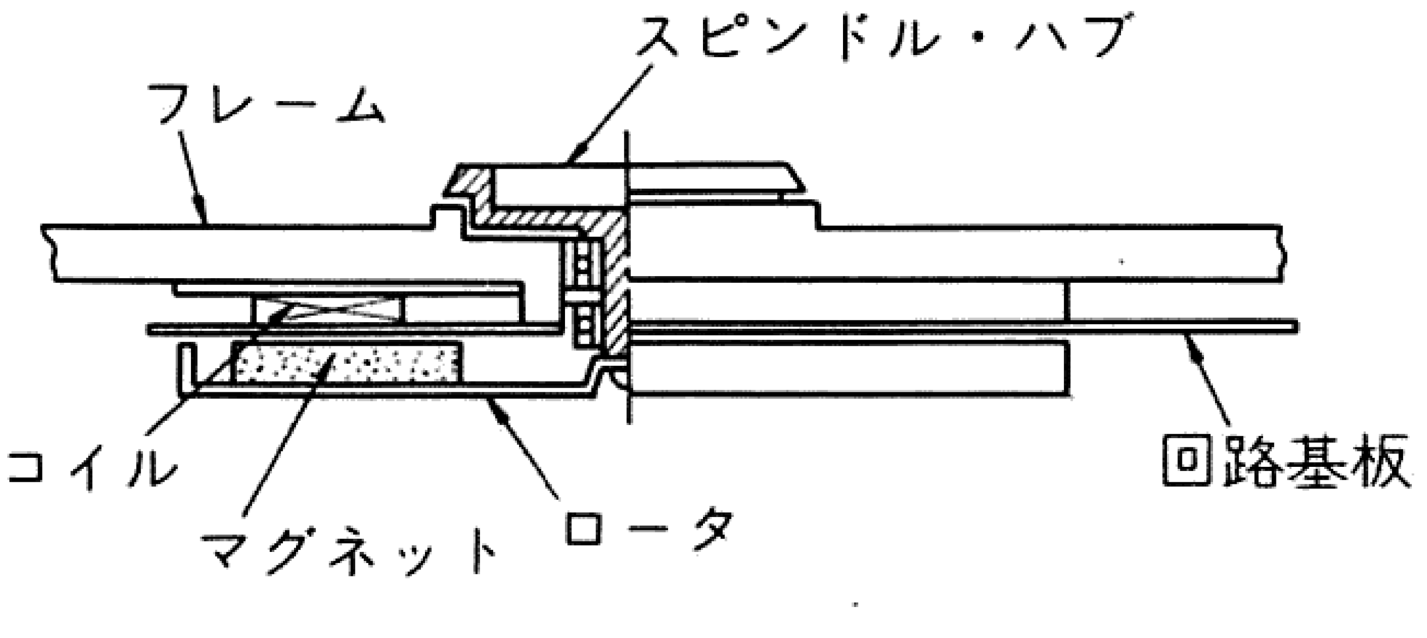
その後，DCモータはブラシレス化，ダイレクト・ドライブ化が進み，機械的寿命はベアリングのみとなり，ほとんど無保守で使用できるようになってきた．

FDDに使用されている薄型のDCダイレクト・ドライブ・モータは，おもに**図2.22**に示すような二つの方式がある．一つは駆動コイルとロータ・マグネットの配置を円周方向に配置したラジアル・ギャップ方式，もう一つはこれを平面に対向させて配置したアキシャル・ギャップ方式である．ラジアル・ギャップ方式はアキシャル・ギャップ方式に比較し，ある程度の厚みがあれば，効率も高く，長寿命で，静かな点が優れているが，反面，ややコスト高になるのと，あまり薄くできないのが欠点となる．たとえば5 ¼インチFDDでは10 mm程度がラジアル・ギャップ方式モータの厚みの限度といわれている．これに対しアキシャル・ギャップ方式は反対の性質をもつが，とくに注意しないといけないのはロータ・マグネットの吸着力である．モータにもよるが，つねに数kg程度の力がロータとステータに働いており，これをすべてベアリングが受けなければいけないため，ベアリングの寿命

図2.22　薄型FDDのDDモータ



（a）ラジアル・ギャップ方式



（b）アキシャル・ギャップ方式

が問題になりやすい．

2.4　ディスク・クランプ機構

挿入されたディスクをスピンドルに固定し回転させる機構は，つぎの二つに分けられる．

一つは従来の8インチ，5¼インチFDDおよび4インチFDDの使用しているディスクにあけたセンタ・ホールを直接クランプするもの，もう一つは，ディスクにあらかじめ金属またはプラスチックのハブを取り付けておき，このハブとスピンドル・シャフトとでクランプするものである(図2.23)．

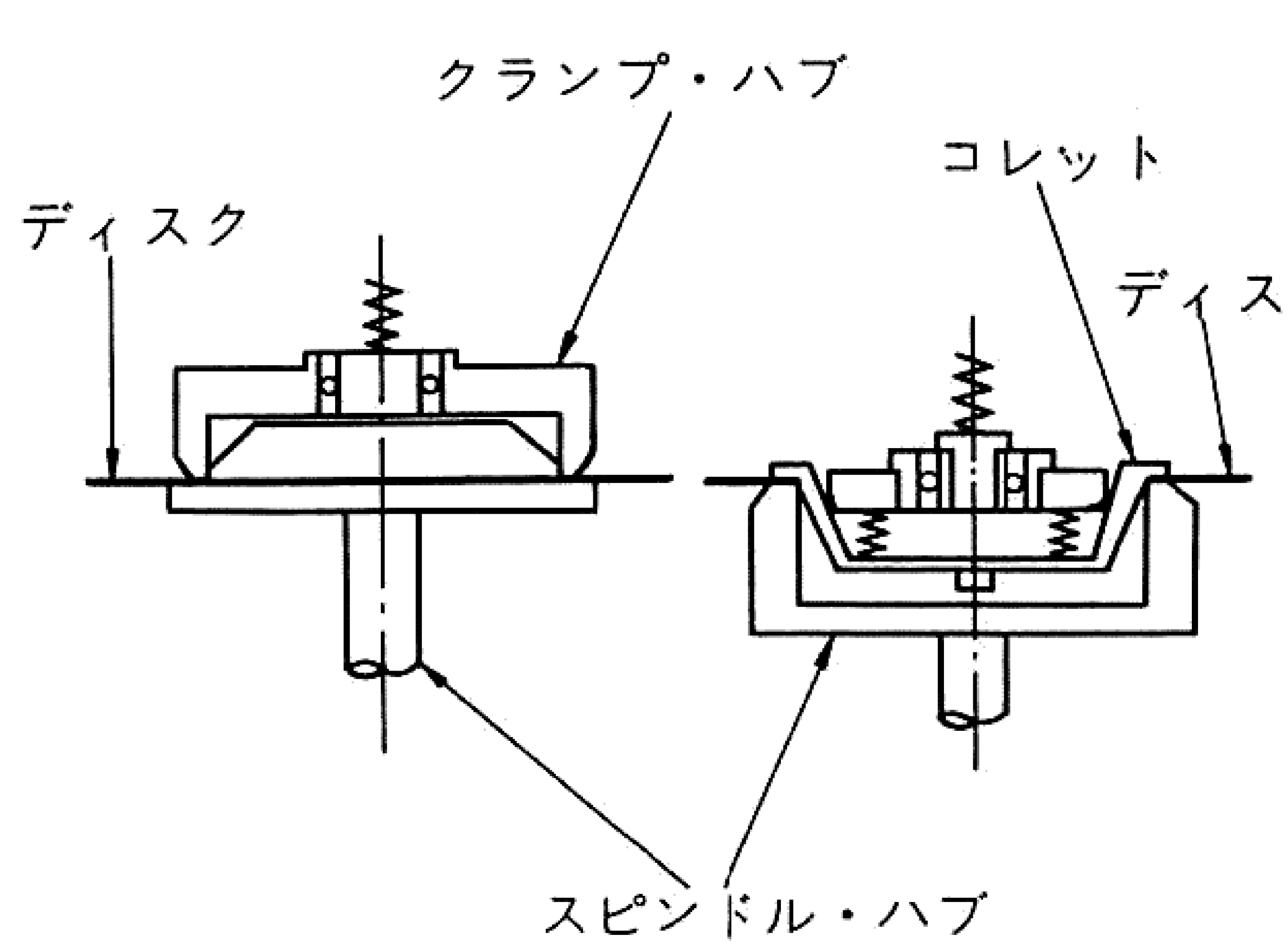
前者は従来，図2.24(a)のようにメタルのスピンドル面にメタルのクランプ・ハブを押しつける方式が使われていたが，最近は同図(b)のようなスピンドル・ハブにプラスチックのコレットを組み合わせた方式が多い．いずれにしろ，ディスクの穴そのままを用いて10 μm程度以下の偏心量でディスクをクランプする必要があり設計的にはかなりむずかしい．

これに対し4インチ以外のマイクロFDDではこのクランプ方式は大きく変更されてい

図2.23　ディスク・クランプ，チャッキング方式

- メディア直接クランプ
  - メタル・コレット-メタル・ハブ
  - プラスチック・コレット-メタル・ハブ
- メディア・ハブ付き
  - メタル・ハブ付き
  - プラスチック・ハブ付き

図2.24　ディスク直接クランプ方式



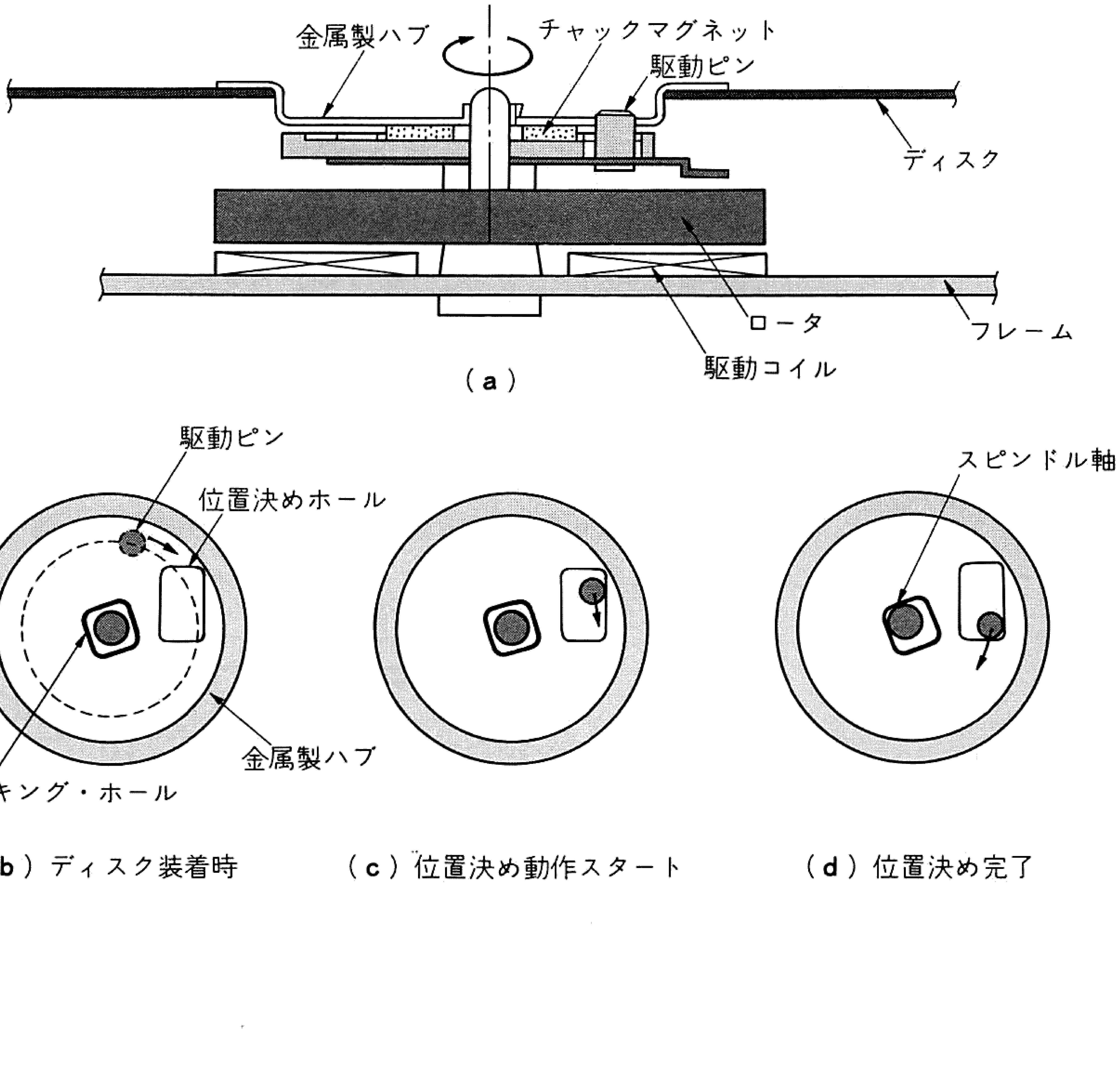
(a)　(b)

る．**図 2.25** は3.5インチ・ソニーFDDのクランプ機構の図である．ディスクの説明からもわかるように3.5インチFDDはディスクを上から押えない．このかわりにスピンドル上面に付けたディスク吸着マグネットを使用する．駆動および中心位置合わせは駆動ピン1本で行う．ディスクの中心位置はチャッキング・ホール，位置決めホール，駆動ピンなどによらず，基本的にはスピンドル軸の太さのみで決定されるため，ドライブ間の偏心誤差が少なくできる．3.25インチのマイクロFDDもこれと同様な方式でディスクのチャッキングを行っている．

3インチFDDは**図 2.26** のようにディスクの中心にプラスチック・ハブがとりつけられており，このなかに中心位置合わせ用のスプリングが組み込まれている．またディスクの駆動は3.5インチ同様，ピンで行う．

ディスクのクランプに関して，もう一つ大事なのがディスクのセットの仕方，つまりドアについてである(**図 2.27**)．

図 2.25　ソニー3.5インチFDDのディスク位置決め機構[3)]
((a)はFDDを横から見たところ，(b)〜(d)は駆動ピンが回ってチャッキングと駆動を行う)



従来の厚型8インチ，5¼インチFDDで用いていたドアはブリッジ型と呼ばれるもので，フレーム後端からドアまで延びたアームの中間にディスク・クランプ用コレットをつけ，ドア面でこれを上下することでディスクをクランプする．ドア部は8インチFDDでは図2.28(a)のようなストレート型が，5¼インチでは同図(b)のような回転型が多かった．

FDDの薄型化にともないコレットの移動量をできるだけ大きくし，なおかつ移動速度を適当にコントロールできる回転レバー方式が増えている．

一部の5¼インチFDDでは，薄型化でドアやレバーのスペースが充分でないため，ディスクをセットしたあと，ボタンを1回押してクランプし，もう1回押してクランプを解除

図2.26　3インチFDDのチャッキング・メカニズム

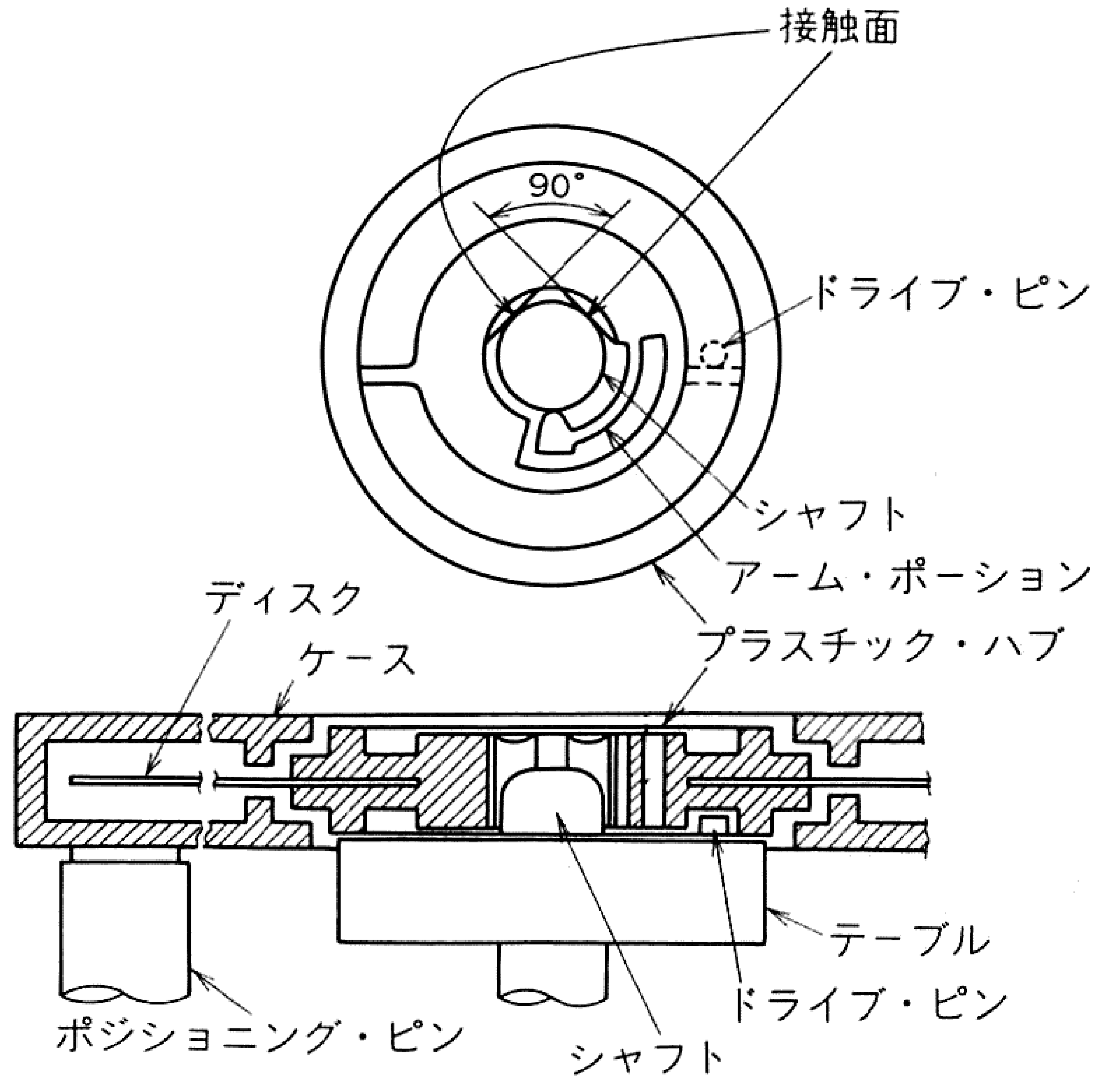
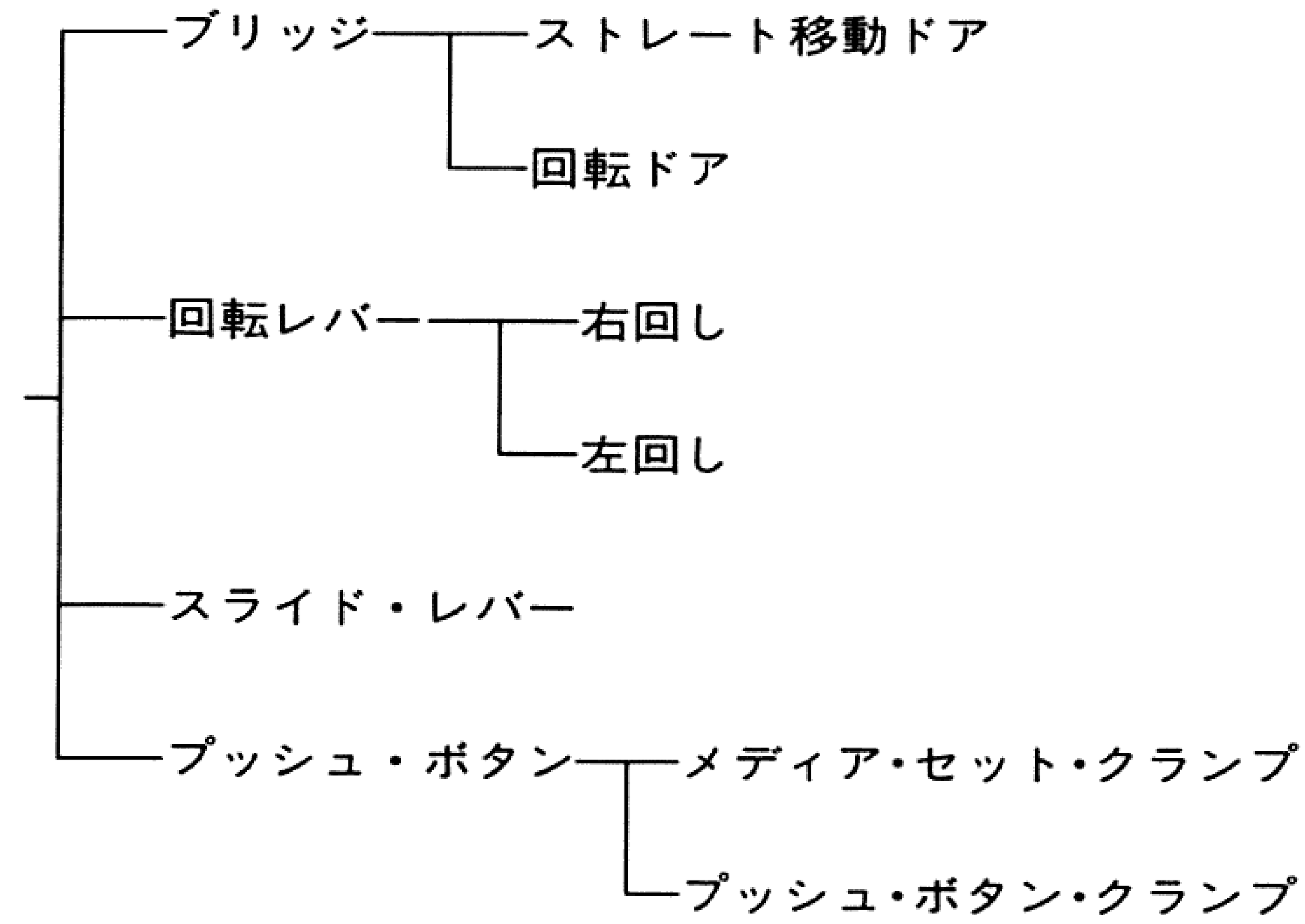


図2.27　ドア方式



し，メディアを取り出してくる機構を用いている．

マイクロFDDでは，ドア方式，回転レバー方式はほとんどない．おもにメディア自身の強度を利用し，メディアがFDDにある程度入ったところでクランプ状態になり，解除ボタンでディスクのクランプがはずれ，飛び出す方式が多い．

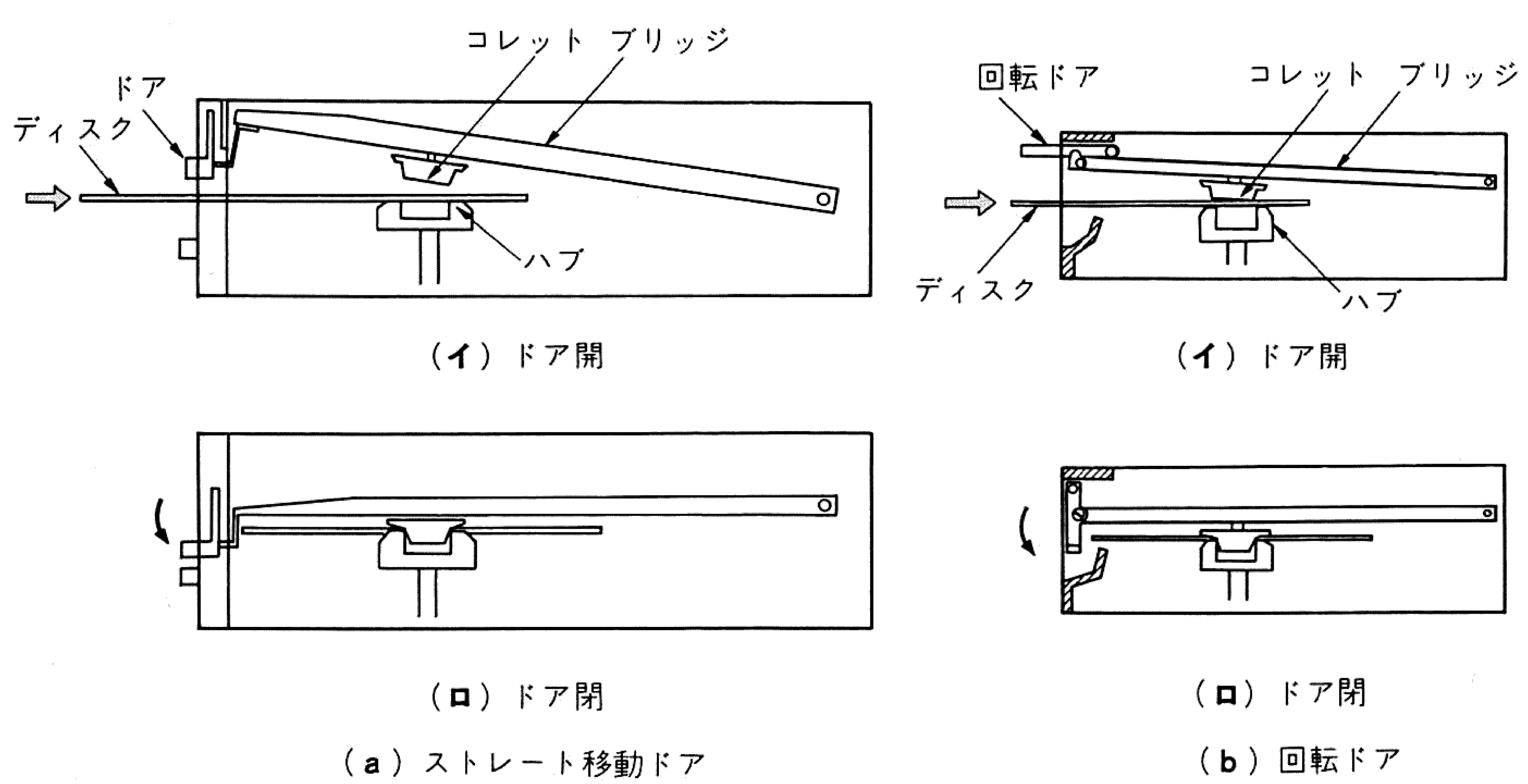
IBMの4インチFDDではスライド・レバーによるシンプルなチャッキング方式を採用している．

2.5　ヘッド・ロード機構

FDDは，ハード・ディスクなどと異なりディスクとヘッドが接触した状態でデータの書込み/読出しを行う．ヘッドがディスクを押しつける力(ヘッド圧)は一般的には10～20g程度であるが，接触しっぱなしではディスクおよびヘッドの寿命が問題になる．このためデータの書込み/読出しを行わないとき，ヘッドとディスクを離すための機構がヘッド・ロード機構である．ヘッド・ロード機構を分類すると，**図2.29**のようになる．

最近のFDD，とくに小型のものでは，このヘッド・ロード機構をもたないものも多い．これは発熱対策，コスト・ダウン，FDDの小型化，ヘッド・ロードON/OFF時のメディアへのダメージ対策などのためであり，ヘッドを上下しないかわりにスピンドル・モータの

図2.28　ドア・ブリッジ方式



ON/OFFを行うことが多い．ただ，ヘッド・ロード信号を出してから書込み/読出しができるようになるヘッド・ロード時間が30～50 msなのに対し，スピンドル・モータの回転立上り時間は数100 ms～2 sec程度必要であり，どうしてもシステムの処理速度は下ってしまう．

前にふれたように，ヘッドを上げたり下げたりする際，とくに両面ヘッドでは，ヘッドがディスクに傷をつけることがある．この対策として，8インチFDDではロータリ・ソレノイドを使用したり，電気的に，あるいはエアなどでプランジャにブレーキをかけ，ヘッドとディスクの接触時の衝撃を吸収する方法がとられている．

図 2.29　ヘッド・ロード機構分類

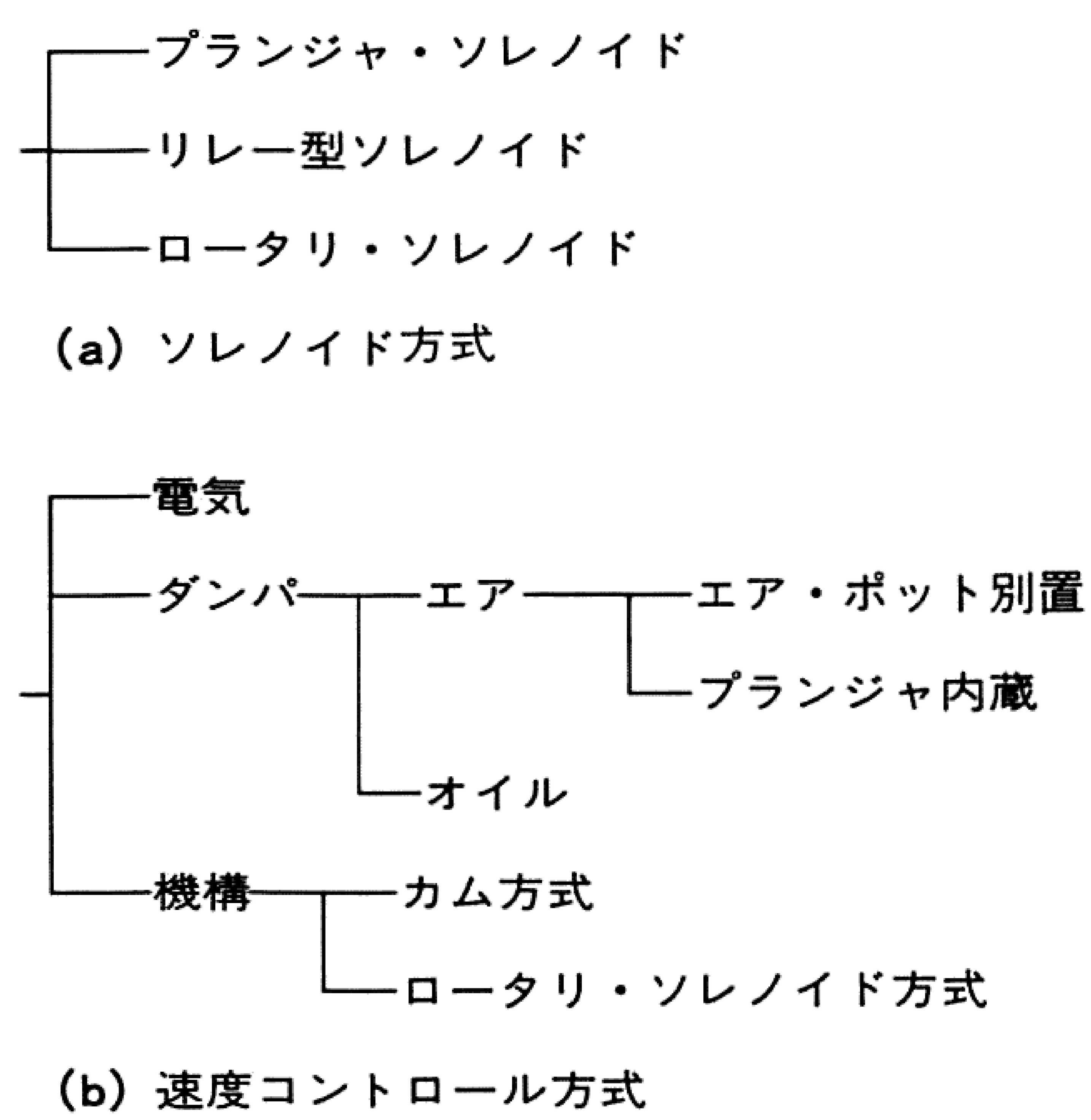
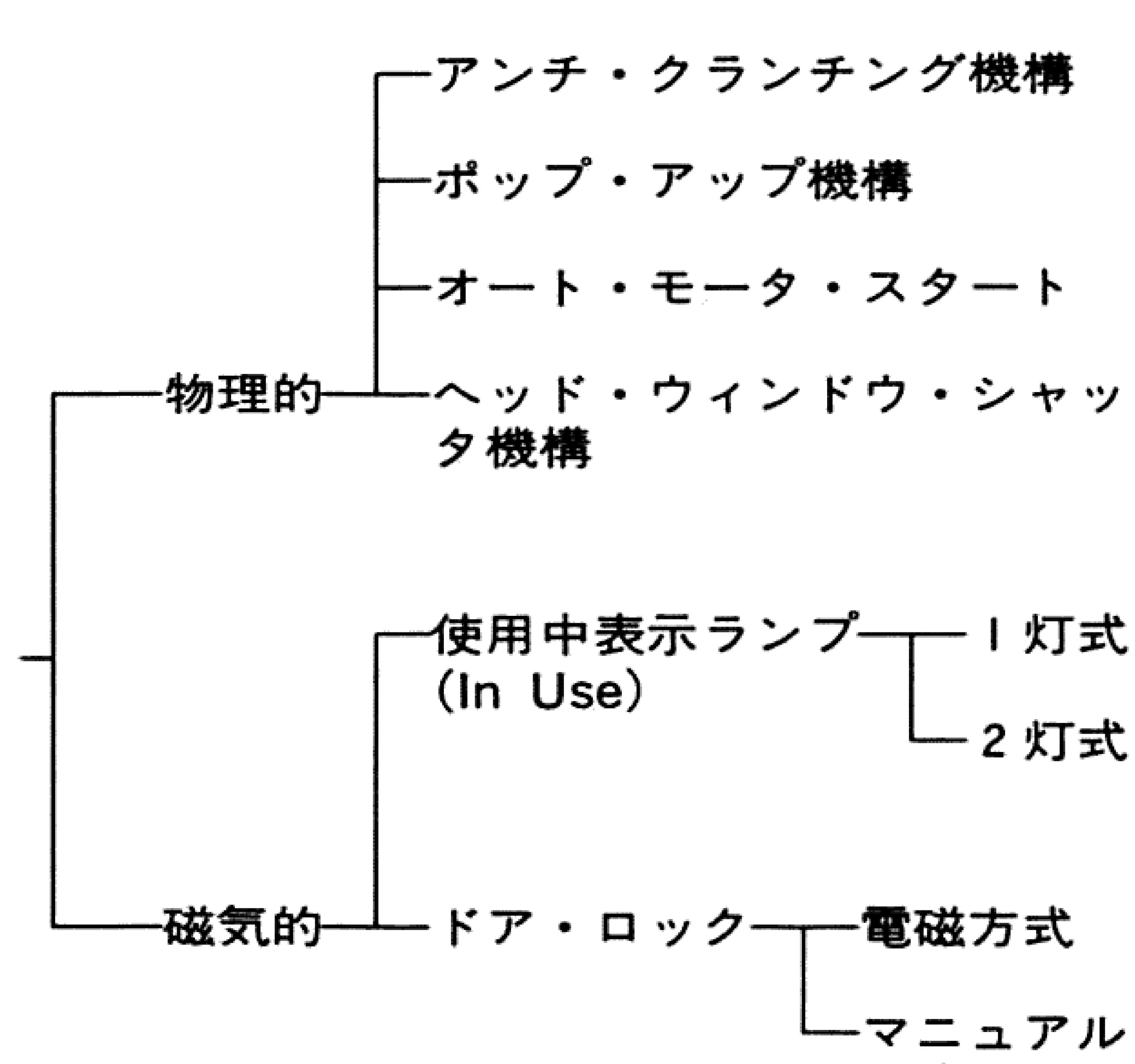


図 2.30　ディスク保護機構



2.6　ディスク保護機構

ディスクの取扱いおよびFDDへの着脱時に発生する物理的破壊および記録されたデータの破壊防止のため，いくつかの機構がある．

物理的なディスクの破壊としては，おもにFDDへのセット時に発生するセット・ミス，クランプ・ミスがある．

アンチ・クランチング機構　ディスクがFDDに完全にセットされていない状態では，ドアが閉まらないようにした機構で，ディスクを完全にセットしないでドアを閉じたとき発生するディスクとドア(レバー)の当たりによるジャケットの破壊やディスクのセンタ・ホールかみ込みが防止できる．とくに後述するポップ・アップ機構がないFDDで有効である．

ポップ・アップ機構　これの主な目的は操作性の向上である．つまり，ディスクをセットするときはディスクを押し戻すバネに逆らって最後までディスクを押し込むと，ディスクはそこでストップし，押し戻しバネはロックされる．この状態でドア(レバー)を閉じれば，正常なディスク・クランプができる．ドア(レバー)を開けると，押し戻しバネが働き，FDDからディスクが適当な量だけ出てくる．これがディスクの保護に役立つのはセット時である．ディスクの挿入を途中でやめるとディスクは押し戻されてしまい，不完全な挿入時のドア操作による破壊を防ぐことができる．

自動モータ・スタート回路　5¼インチFDDはスピンドル・モータのコントロール(ON/OFF)が可能なため，装置電源がONしていても，ディスクをクランプするハブは必ずしも回わっていない．従来型のディスクではディスクをクランプするとき，スピンドル・モータが回わっていたほうがクランプが正確に行われる．とくに5¼インチ96 TPIのような高トラック密度の装置では，偏心量を小さくしたり，ディスクのかみ込みを防止したりするためにモータ・コントロール指令がOFFであっても，ディスク・セット時は自動的にモータを回わすことがよく行われている．ディスクがクランプされ，回転をはじめると，定時間後にこのスタート回路はOFFになり，通常の外部指令に戻る．もちろん，装置の電源がOFFだと，この回路は働かない．

ヘッド・ウィンドウ・シャッタ機構　これはディスクのヘッド・ウィンドウに，指などでよごれ(指紋)がつき使えなくなることを防ぐためのものである．ディスクが装置にセットされていないときは自動的にディスクのヘッド・ウィンドウにあるシャッタが閉じてし

まうもので，3.5インチ，3インチのマイクロ・ディスクに用いられている．

データの破壊を防ぐためには，つぎのような方法がとられている．

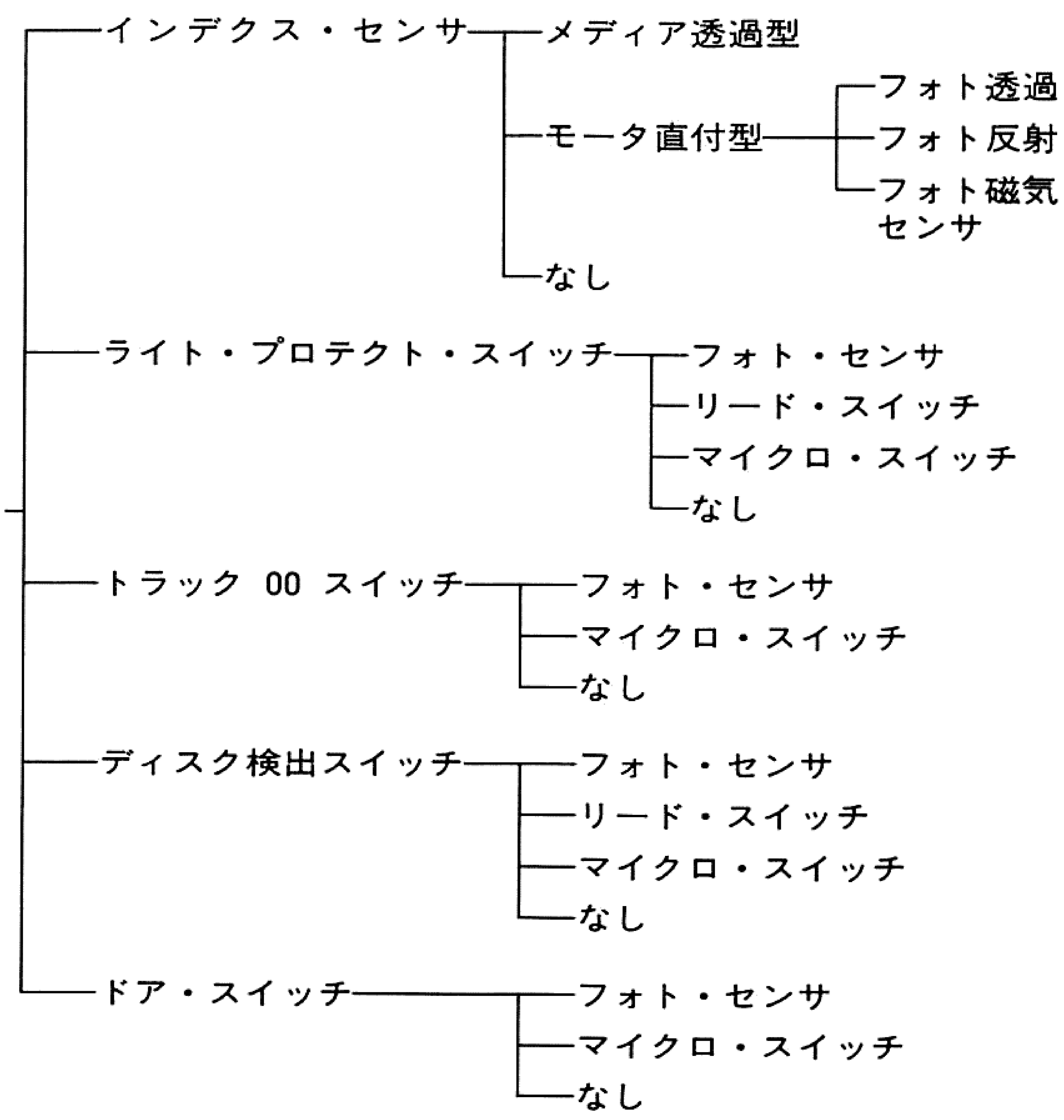
使用中表示(In Use)ランプ　システムに接続された複数台のFDDのうち，使用されているFDDを示すもので，基本的には，このランプが点灯中はディスクの着脱ができないことを示す．ランプの点灯条件は各メーカにより多少異なっているので注意が必要である．

ドア・ロック機構　使用中表示ランプよりさらに徹底したディスクおよびシステム動作の保護のためのもので，FDDが使用されているときはドアにロックをかけディスクを外せなくしてしまう．おもに8インチFDDに組み込まれている．

2.7 ステータス検出部

ディスクおよびFDDの状態を見るためのステータス検出用として，**図 2.31** に示すようないくつかの検出スイッチが組み込まれている．

図 2.31　各種ステータス検出スイッチ



インデクス検出器 ディスク回転を検出し，トラックのスタート点を決めるためのものである．通常はディスクにあいたインデクス・ホールを赤外LED，フォト・トランジスタの組合せで検出する．3.5インチFDDはディスクにインデクス・ホールがないため，モータからこの信号を発生する．ディスクのチャッキング方式からモータとディスクのクランプ角度が決まるため，この方式が採用できた．

トラック00検出器 トラックの最外周(00トラック)を検出するためのスイッチである．ステップ・レートが遅いころはマイクロ・スイッチも用いられたが，最近ではLEDとフォト・トランジスタがペアになったフォト・インタラプタを用いることが多い．

ライト・プロテクト検出器 ディスクの書込み禁止を示すライト・プロテクト・ノッチの検出を行うスイッチである．

ディスク検出器 ディスク・セット時の自動モータONなどのために必要になった検出器で，ディスクがセットされたときに働く．これと似たスイッチとしてはドアの開閉を検出するドア・スイッチも一部にはある．

FDDの機能があがるにつれてこれらの検出器は増えているが，やはり光デバイスの信頼性は他の半導体部品に比べ高いとはいえない．このためか，新しい動きとしてIBM 4インチFDDのようにこれらの検出器をまったくもたないものも現れている．

2.8　コントロール回路

スピンドル・モータのコントロール回路をのぞいた電気回路はつぎの三つに分けられる(図 2.32).

① インターフェース回路

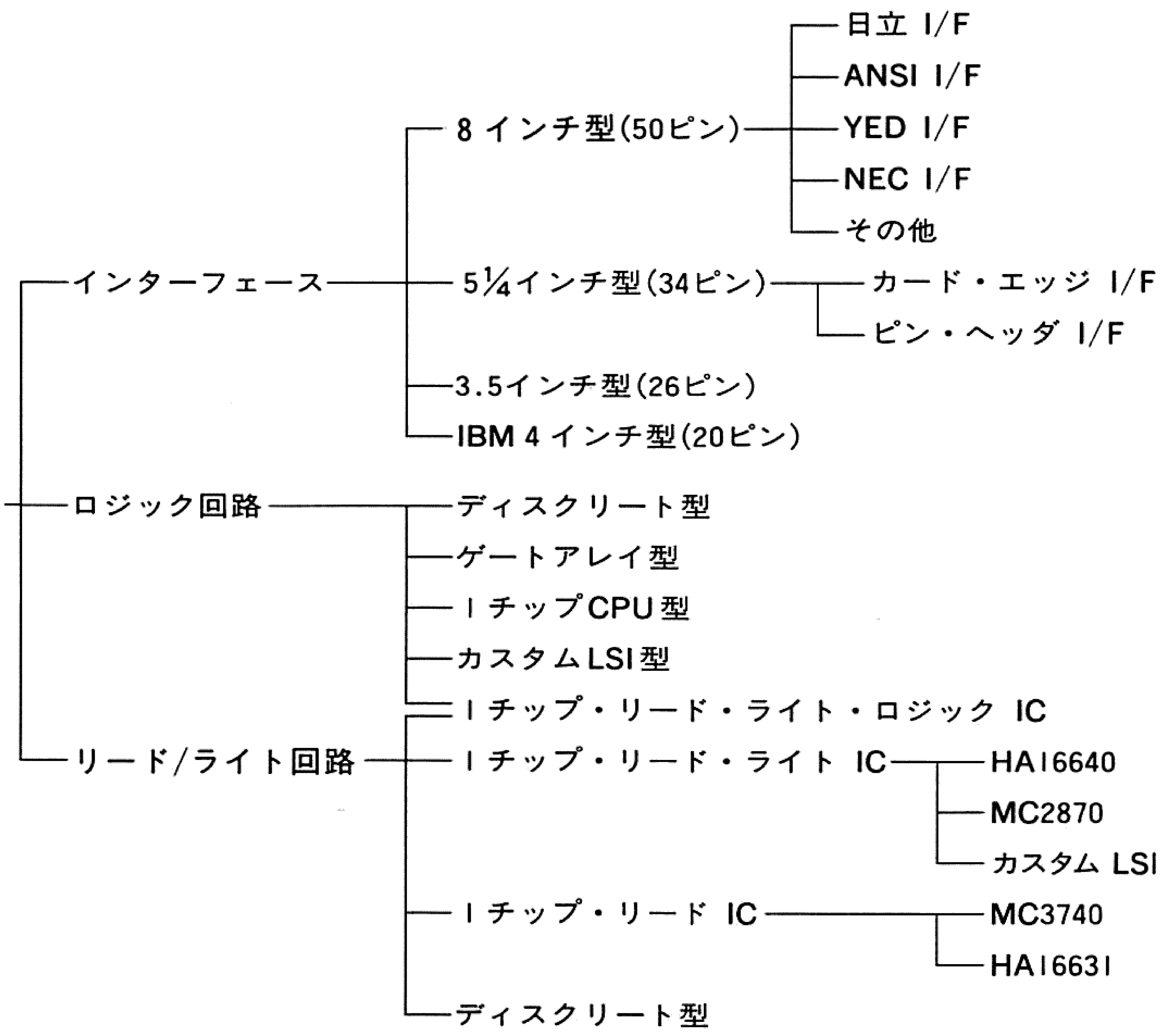
② 書込み/読出し回路

③ ロジック回路

インターフェース回路については，のちほど詳しく説明するので，ここでは省く．

書込み/読出し回路はアナログ回路がメインになっており，従来はオペアンプ，コンパレータなどの個別部品を組み合わせて作っていた. 1980 年に米国モトローラ社がFDD専用の読出しアンプMC 3470 を発表した．当初は信頼性，入手性の問題もあり，なかなか使用

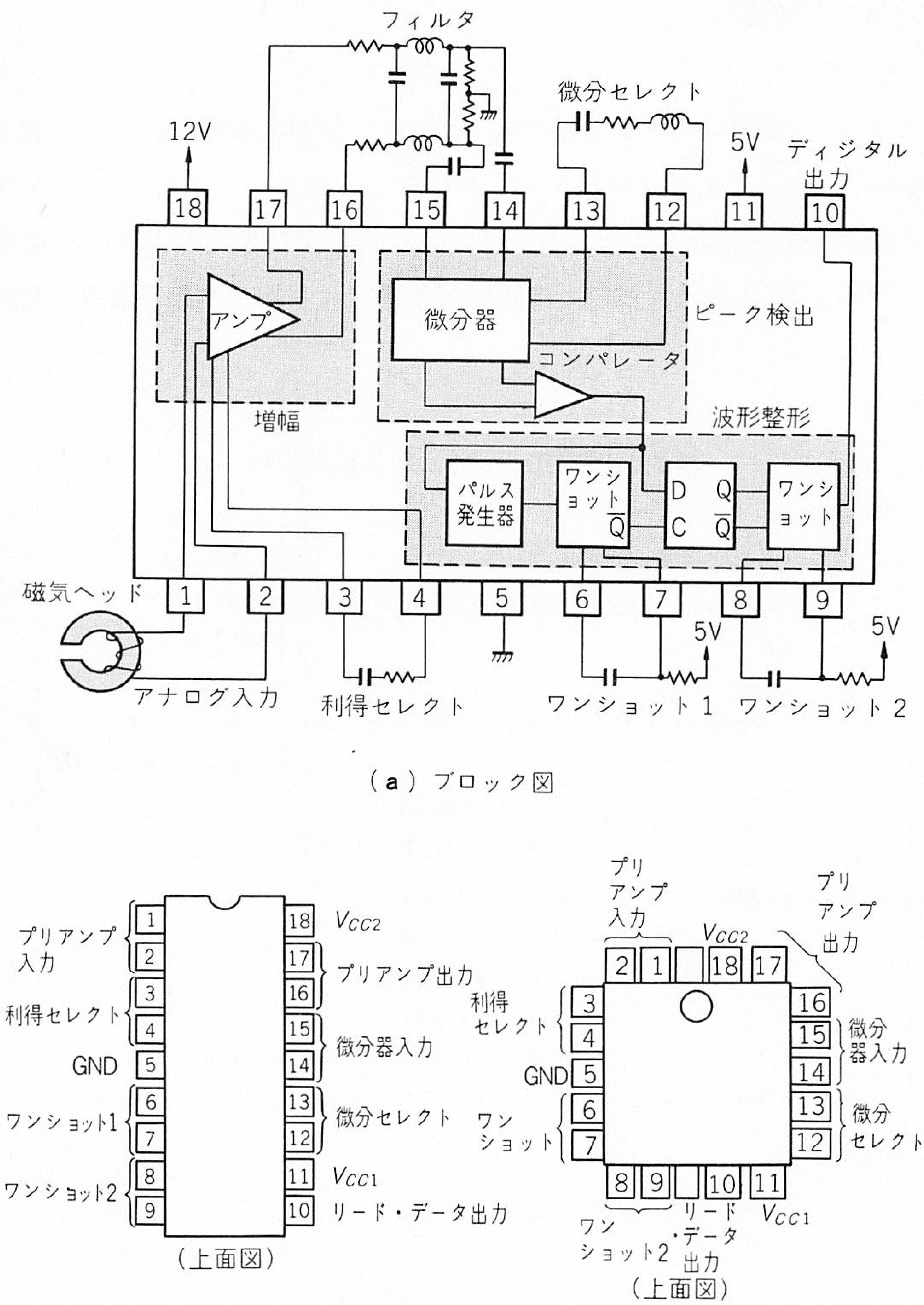
図 2.32　FDDコントロール回路分類



されなかったが，最近になり，日立，TIなど，セカンド・ソースも現れ，急速に使われはじめている(**図 2.33**)．またメーカ独自でカスタムICを作っているところもある．

1983年9月に日本モトローラから発表されたMC 2870は前述のMC 3470にライト・ア

図 2.33　MC3470，HA16631



(a) ブロック図

(b) DIPパッケージ・ピン配列

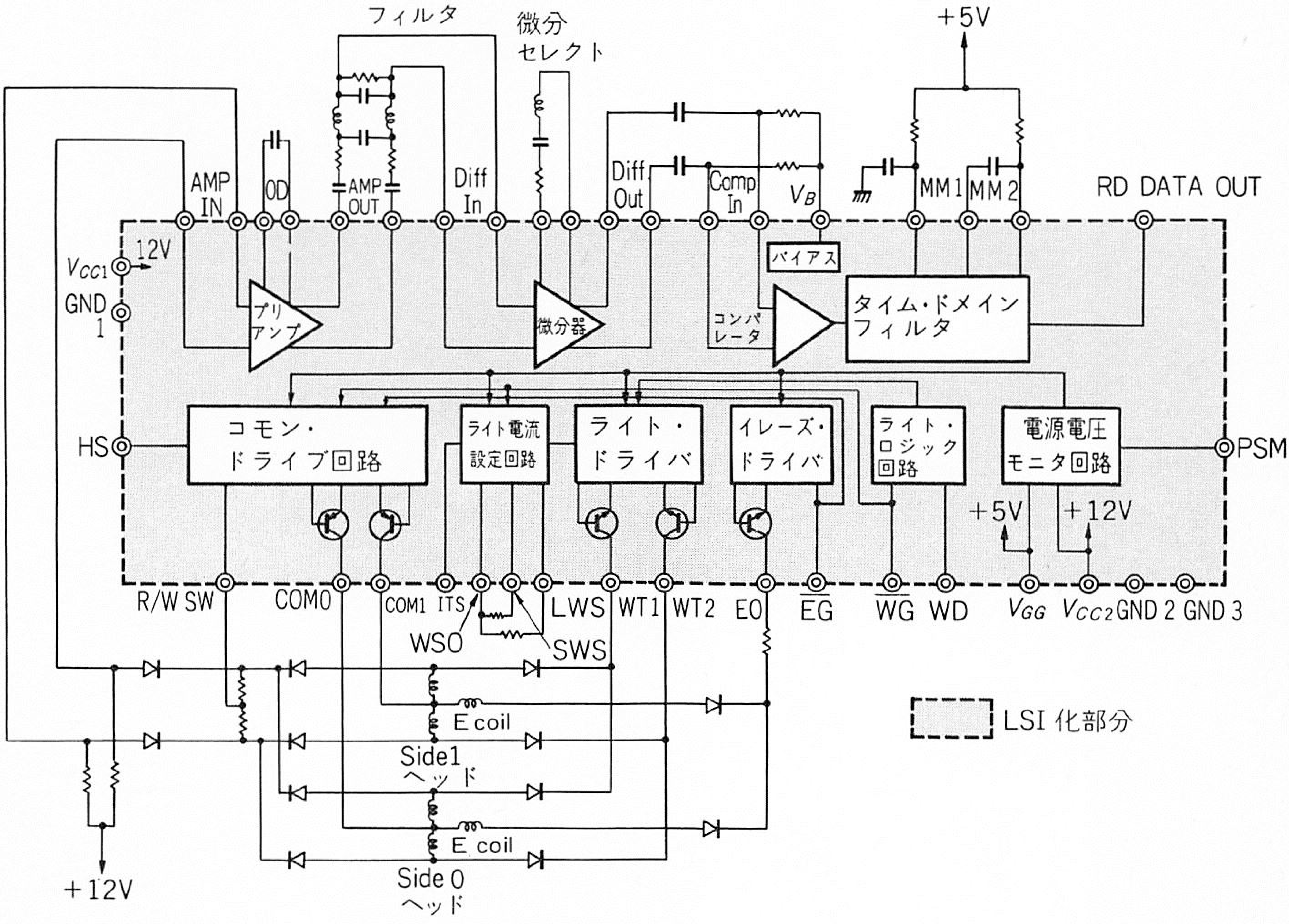
(c) HA16631 MP-18ピン・パッケージ・ピン配列

ンプ，ヘッド切替え回路，イレーズ回路など，FDDに必要なほとんどのアナログ回路を組み込んだもので，FDDの小型化には非常に有用なLSIである．同様なLSI，HA16642の開発が日立製作所でも行われている．図 2.34 に HA16642 のブロック図を示す．

ロジック回路はインターフェース回路との関連もあり，従来はスタンダードTTLが用いられていたが，装置の小型化やコスト・ダウンのためにゲートアレイ方式，1チップCPU方式，カスタムIC化が進んでいる．

また，もっとも新しい動向としては1個のLSIの中に書込み/読出し回路，ロジック回路，インターフェース・ドライバ回路まで含めた本当の1チップ型LSIも一部発表されており，FDDの小型化，ローコスト化のためには使いやすいものとなるだろう．

図 2.34　HA16642 FDD用リード/ライト・アンプのブロック図



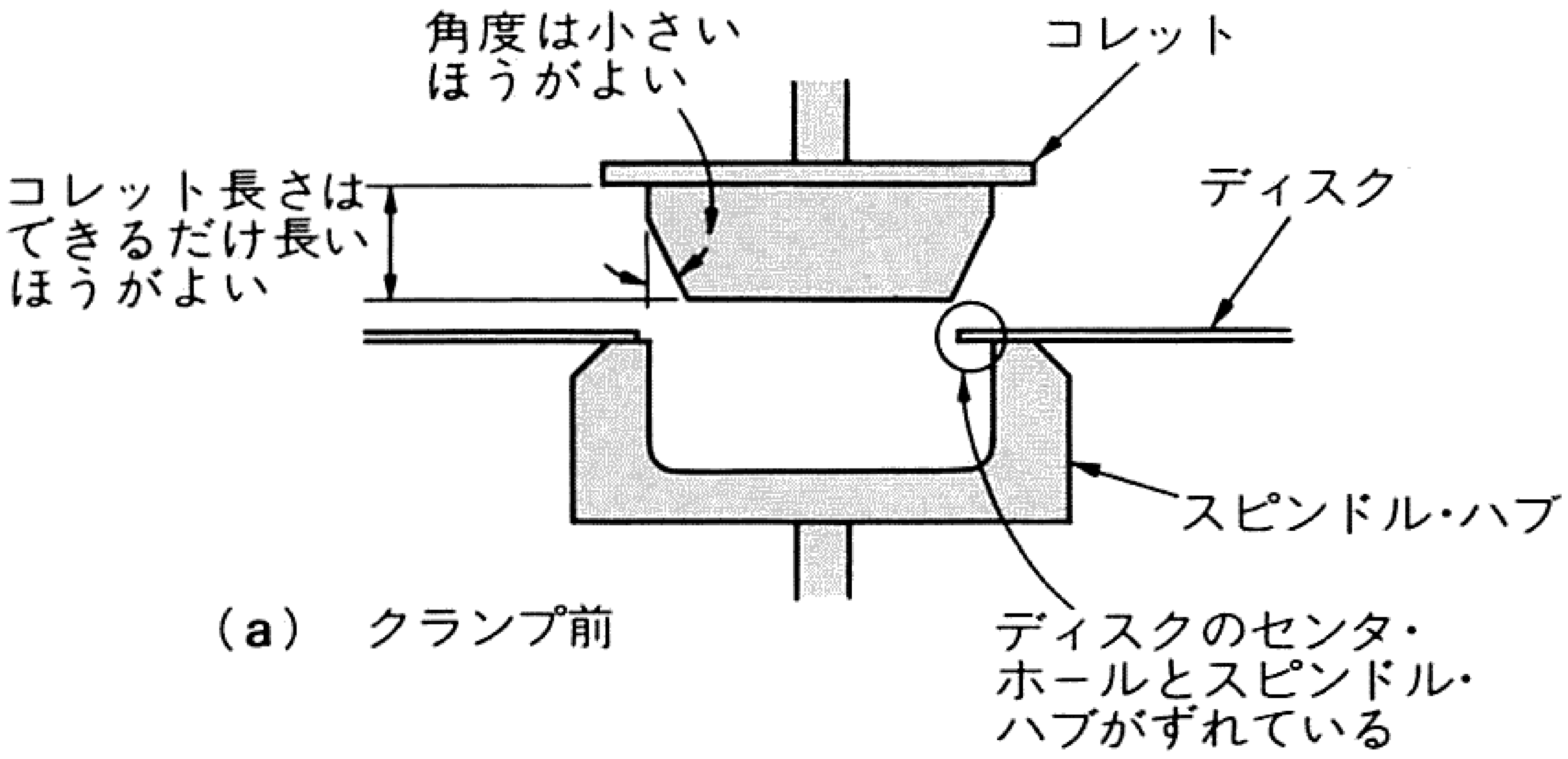
第3章

高密度化技術

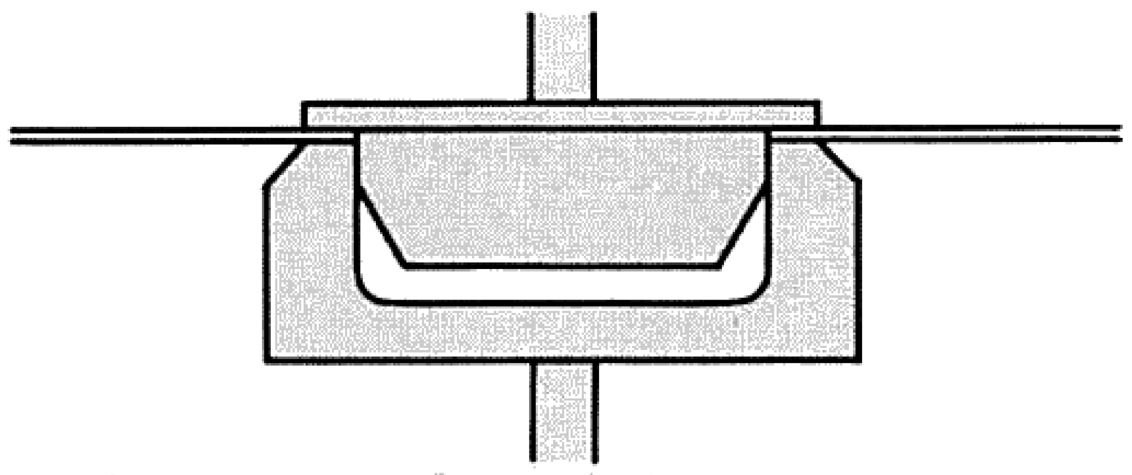
3.1　FDDの薄型化技術

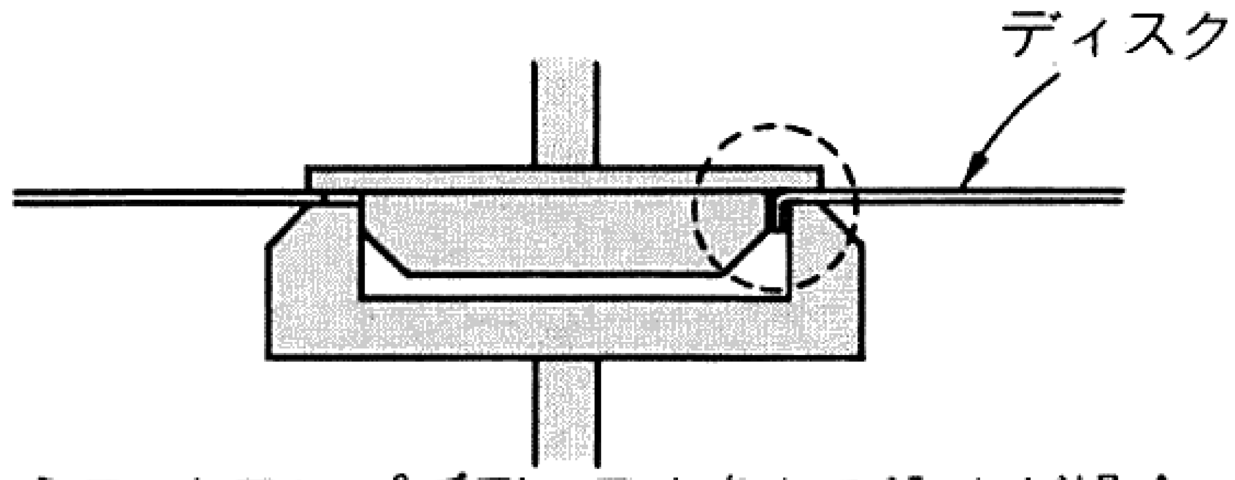
従来型8インチ,5¼インチFDDを薄型化するときに一番問題となるのは,ドア方式まで含めたディスクのクランプおよび駆動部である．FDDのヘッド位置決め機構は前述のようにステッピング・モータによるオープン・ループになっている．このため，ディスケットを図3.1のようにスピンドル・ハブとクラッチ(コレットと称する)でクランプする際のセンタリング性がそのままヘッドとディスクのトラック位置ずれ(オフ・トラック)要因となる．ディスクの互換性を保証するためには8インチ,5¼インチともにこれを10 μm程度の精度でクランプする必要がある．ところがディスクはジャケットに対し，多少，小さく設計されているため，ジャケット外形に対するディスクのセンタ・ホール位置は一定しない．またジャケットとFDDフレームのディスク・ガイド溝も当然ガタをもっている．このため，ディスクをFDDに挿入したときは，スピンドル・ハブとディスクのセンタ・ホールはかなりの位置ずれをもっている．このずれはドア(レバー)を閉じる際，コレットにより押し戻され，センタリングし，クランプされるわけであるが，このときコレットの角度(図3.1参照)が大きいとミス・クランプを発生しディスクのセンタ・ホールをかみ込むことになる．このためコレット長さはできるだけ長く，角度はできるだけ小さくするのが良い設計といえる．可動部のコレットが長くなるとディスクの位置は，当然，下側(スピンドル・ハブ側)になる．しかしスピンドル・ハブの下にはディスク駆動用のプーリまたはダイレクト・ドライブ・モータがあり，そう簡単にはさがらない．つまりこのディスク位置をフレームのどこに配置し，スピンドル・ハブ，コレットをどのように設計するかが薄型FDD設計のキー・ポイントといえる．たとえば，ワイ・イー・データ製FDDは，このディスク位

図 3.1 ディスク・クランプ機構



(a) クランプ前


(b) 正常にクランプしたとき



(c) ミス・クランプでディスクをかみ込んだ場合
(コレットが短い場合)

置をフレームの中心位置にあわせることで，コレット部に余裕をとり，システム搭載時の操作性を高めている．

ディスクのセット方式は，操作性を無視すれば，コレット速度を下げるためにはレバー方式のほうが有利である．またディスクをクランプする際，スピンドル・ハブは回転していたほうがセンタリングしやすくなり，とくに**高トラック密度のFDDにおいては必ずシステム電源をONにしてからディスクのセットを行うべき**である．YD-380 TやYD-480 などの5¼インチ高トラック密度薄型FDDのように，モータ・オン信号がOFFでもディスク・セット時には自動的にモータが回転する回路が組み込まれているドライブもある．

また，ときどきディスクのセンタ・ホールが痛んだ(わかめになったという)ものを使用しているのを見かけるが，データの信頼性を上げるためには，このようなディスクは使うべきではない．

3.2 高トラック密度化技術

FDDが，現在，このように普及してきた理由の一つにディスクを介してのデータ互換性にあることはすでにふれた．このデータ互換性はディスクに書き込まれたデータの中心位置と読み出すFDDのヘッドの中心位置がどの程度ずれる(オフ・トラックする)かで表される．

前に書いたように，一般的なFDDのヘッド位置決め機構はステッピング・モータによるオープン・ループ制御のため，ハード・ディスクなどのトラック・サーボによるヘッド位置補正が行われないから，必ず多少のオフ・トラックをもったうえでデータの互換性を保証する必要がある．

オフ・トラックの原因となるものには，FDDに起因するもの，ディスクに起因するもの，そして両者によって起きるものとがあるが，大きくは，

(1) R/Wヘッドの位置調整誤差
(2) R/Wヘッドの位置決め機構の誤差
(3) スピンドル・ハブの振れおよびディスクのクランプに関する誤差
(4) 温度変化によるFDDおよびディスクの膨張，収縮
(5) 湿度変化によるディスクの膨張，収縮
(6) FDD取付け姿勢による位置ずれ

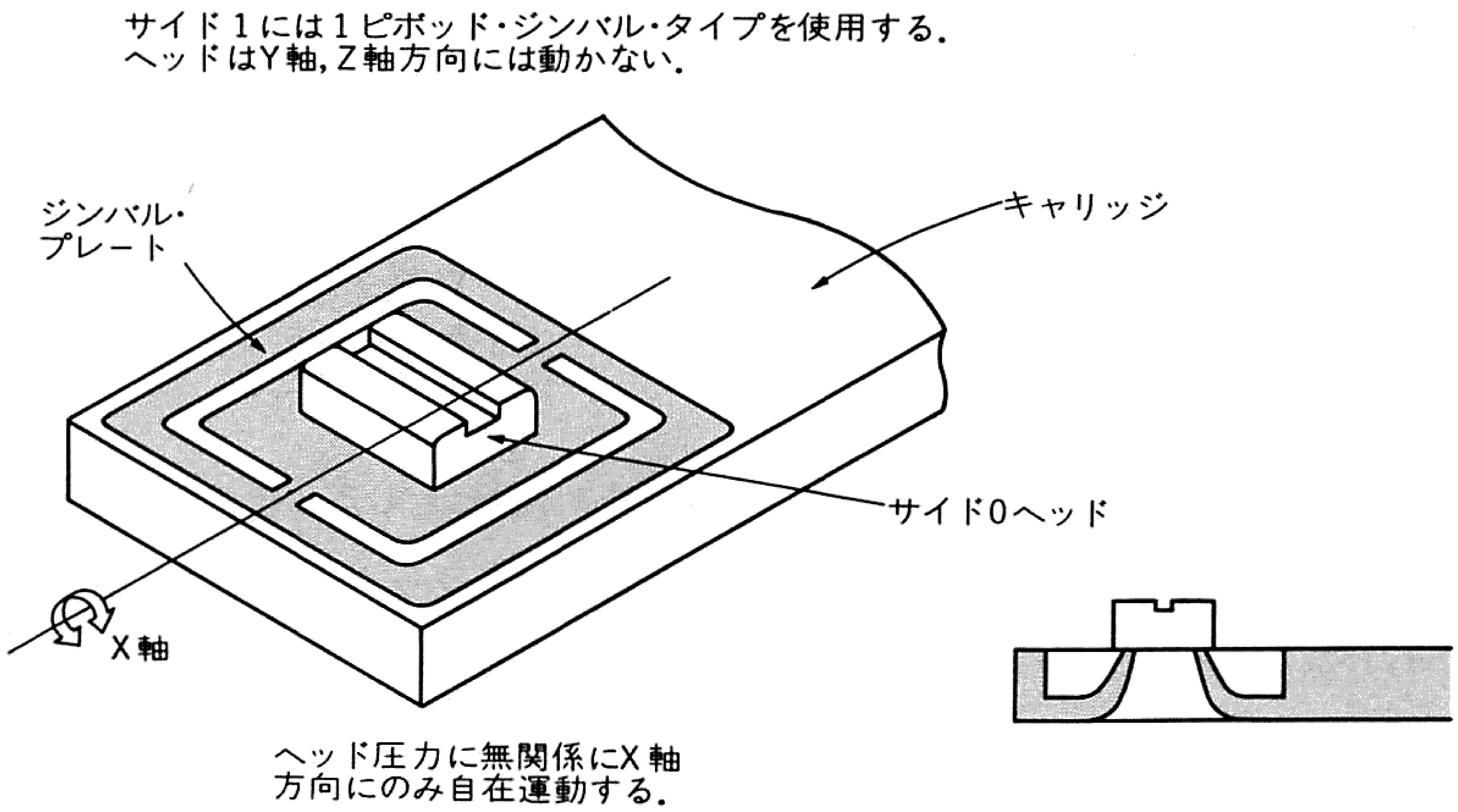
の六つに分けられる．

このオフ・トラック量はディスクのサイズが大きいほど大きくなり，トラック密度が高く，トラック幅が少ないほど影響が大きくなる．現在では8インチFDDで48 TPI，5 ¼インチFDDで96 TPIが最高であり，これ以上，トラック密度を上げるためにはディスクを小さいサイズにするか，トラック・サーボによるクローズド・ループ方式を採用する必要がある．マイクロFDDのトラック密度が100または135 TPIと高くできたのはディスク・サイズが小さいためである．ワイ・イー・データ製96 TPIの5 ¼インチFDD YD-280，-380 T，-480では前述のオフ・トラック原因に対し，つぎのようなオフ・トラック対策をとっている．

●高精度位置決め機構の採用

8インチFDDで実績のあるスチール・ベルト方式を採用した．ステッピング・モータは

図 3.2　ダブル・ピボッド・ジンバル・タイプ・ヘッド支持



ステータ部を従来の4極から8極へ変更したハイブリッド・タイプを使用し，ロータにかかるマグネット吸引力のアンバランスをなくし精度を上げた．またモータのシャフト振れ，プーリの偏心をなくすためプーリをシャフトに固定したあと，プーリ外周を研磨する方法を採用している．ヘッド支持部には，位置が不安定なIBMタイプは使用せず，図 **2.13** に示したジンバル・タイプに改良を加え，ヘッド姿勢に，よりオフ・トラックしにくくしたダブル・ピボッド方式(図 **3.2**)の支持機構を採用した．

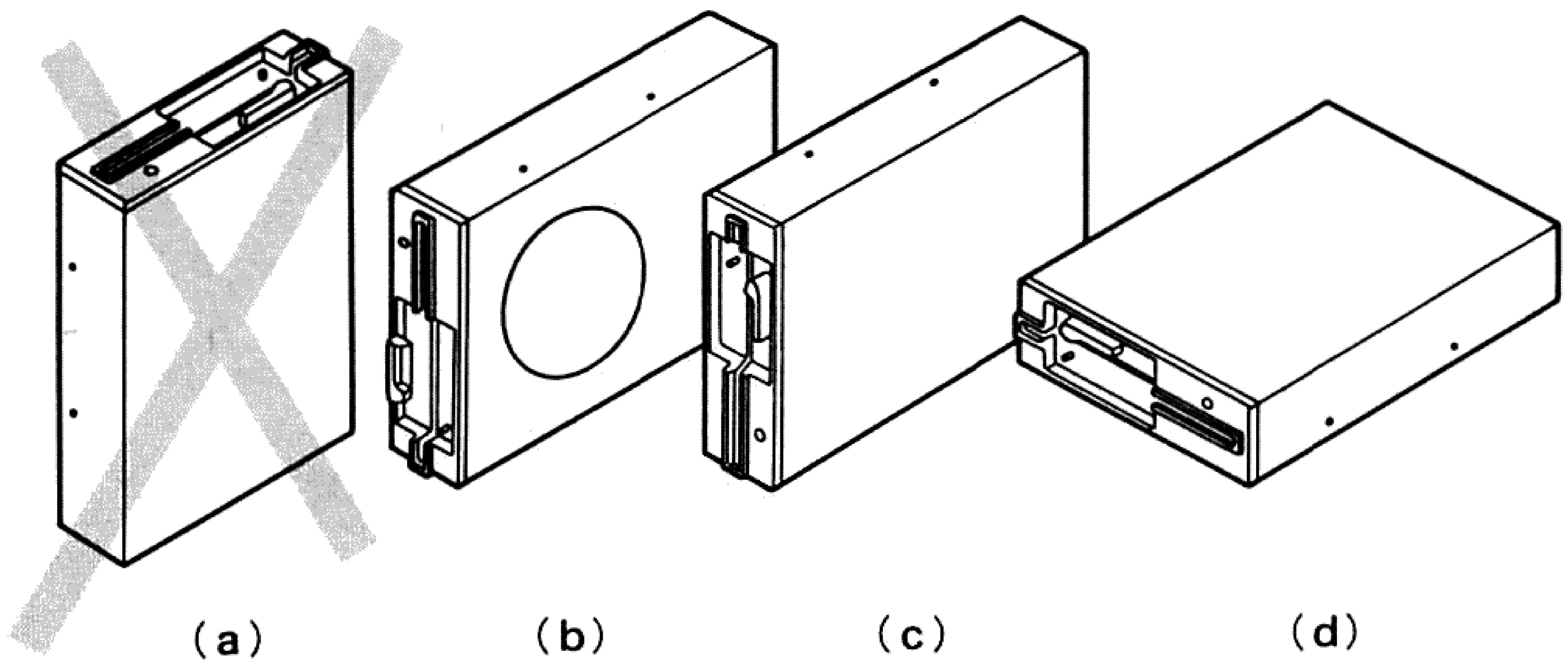
●ヘッド位置調整精度の向上

ヘッド位置の調整はCEディスクを使用し，トラック32で行っているが，この調整誤差は±20 μmと48 TPI FDDの半分におさえている．またヘッド位置調整に使用するCEディスクは自社製を用い，1年中基準環境(23℃，50 %RH)に保たれた恒温恒湿室内で製作，較正が行われている．CEディスクは使用するにしたがい，徐々に信頼性がさがるものであるが，つねに基準FDDによるチェックを通して精度の維持を行っている．

●ディスクの伸び縮み

ディスクの伸び縮みのうち温度変化によるものはFDDのスピンドルから上下のR/Wヘッドまでの温度膨張係数をディスクの温度膨張係数とあわせることにより実質的にキャンセルされるよう考慮し，ステッピング・モータの位置，スチール・ベルトの長さ，キャリ

図 3.3 設置方向[2)]



ッジへの接続点などの最適設計を行っている.

●ディスクのクランプに関する誤差

薄型FDD, YD-380 T, YD-480 においては自動モータ・オン回路の採用により, 電源が供給されていれば必ずモータが回転し, クランプ時のセンタリング性を向上させている.

●使用姿勢の制限

一般的なFDDの設置方向は図 3.3 に示すように 4 通りの方向があるが, 縦方向(図 3.3 (a))はキャリッジ自重によるオフ・トラックが 5 ～10 μm程度発生するため, このように設置することは禁止されている. 実装上縦方向取付けが必要な場合はヘッド位置の再調整が必要になる.

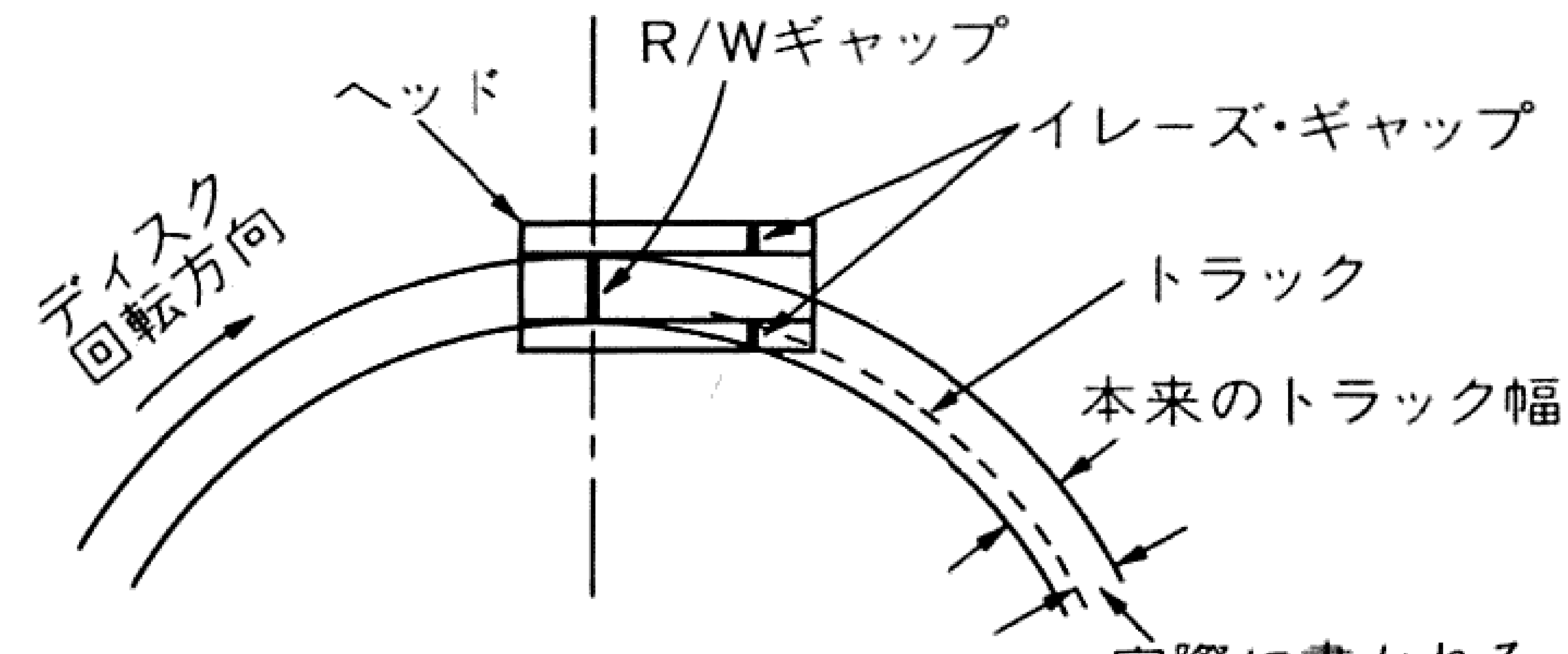
3.3 データ再生能力の改善

●R/Wヘッドの改良

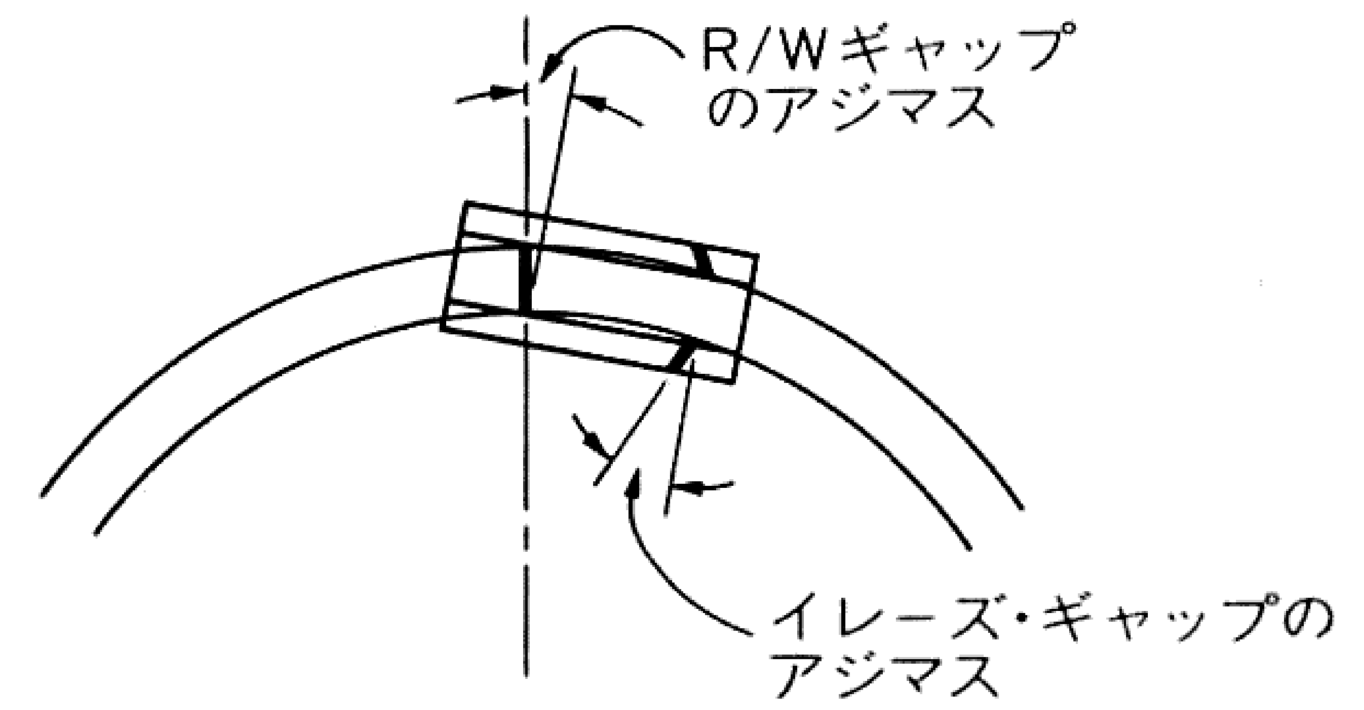
FDD用のR/Wヘッドは一般的にデータを書き込むR/Wギャップの後方に, 互換性を保証するため, トラック間にデータのないエリアを作るイレーズ・ギャップをもつトンネル・イレーズ・タイプを使用している.

従来のヘッドでは図 3.4 (a)に示すようにR/Wギャップより直角後方にイレーズ・ギャップが配置されていたため, 1本のトラックの内周側はイレーズしすぎ, 外周側ではイレーズ不足となり, オフ・トラック時のマージンを下げていた.

図 3.4 アジマス付きヘッド



（a） 従来タイプのヘッド



（b） アジマス付きヘッド

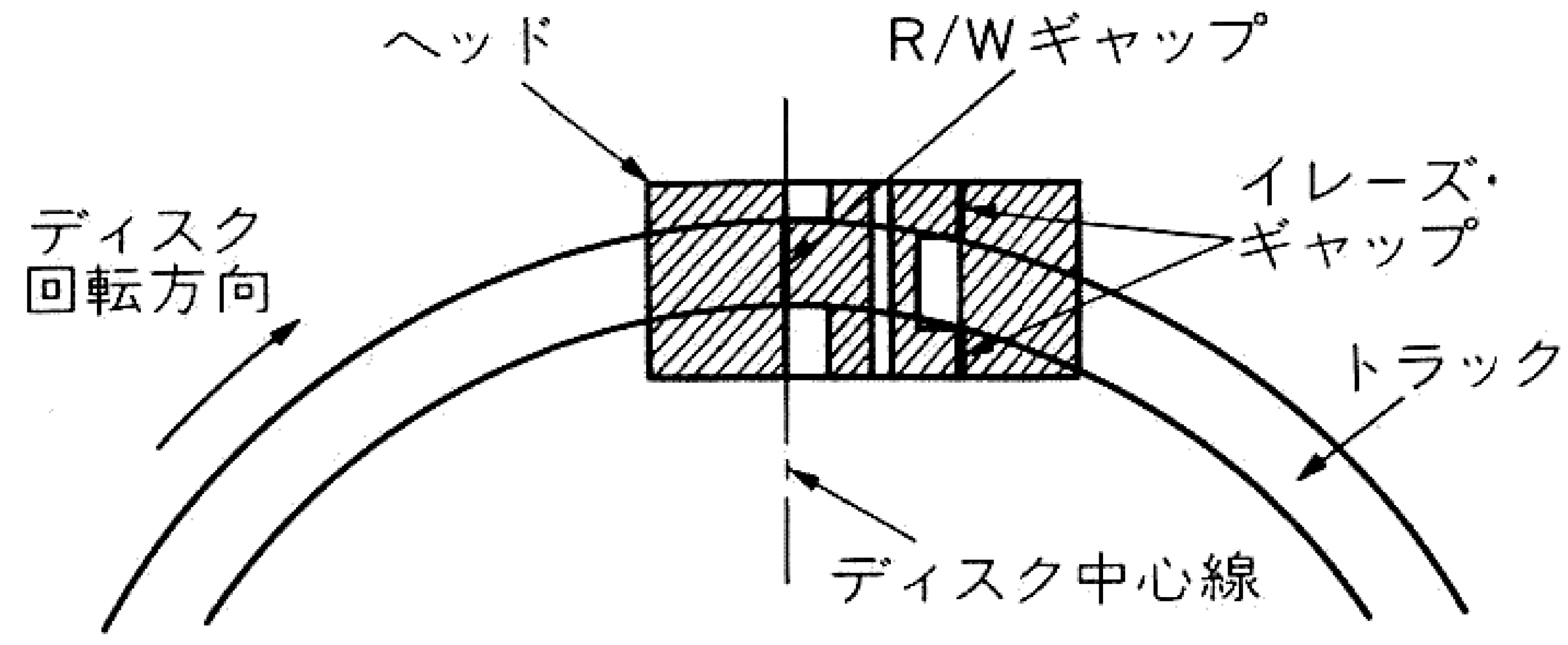
改良ヘッドでは，図 3.4 (b)に示すようにヘッドにアジマス(角度)をつけ，バランスよくトラックの両サイドがイレーズできるようにした．また，このときもR/Wギャップはトラックと直角になっており，従来のFDDとの互換性を保っている．一部，海外のFDDではイレーズ・ギャップ位置をトラック位置にあわせるためR/Wギャップにまでアジマスをつけてしまったものがあり，互換性上問題の発生する可能性があるため注意を要する．

この問題はR/Wギャップとイレーズ・ギャップの距離に比較し，ディスクのサイズが小さいほど影響が大きくなるため，マイクロFDDではつぎのような対策がとられている．図 3.5 に示したのが 3 インチおよび 3.5 インチFDDのイレーズ・ヘッドの配置例である．日立製 3 インチFDDではR/Wヘッドの位置を中心より上側にずらしてイレーズ・ヘッドとトラック上の位置あわせを行っている．

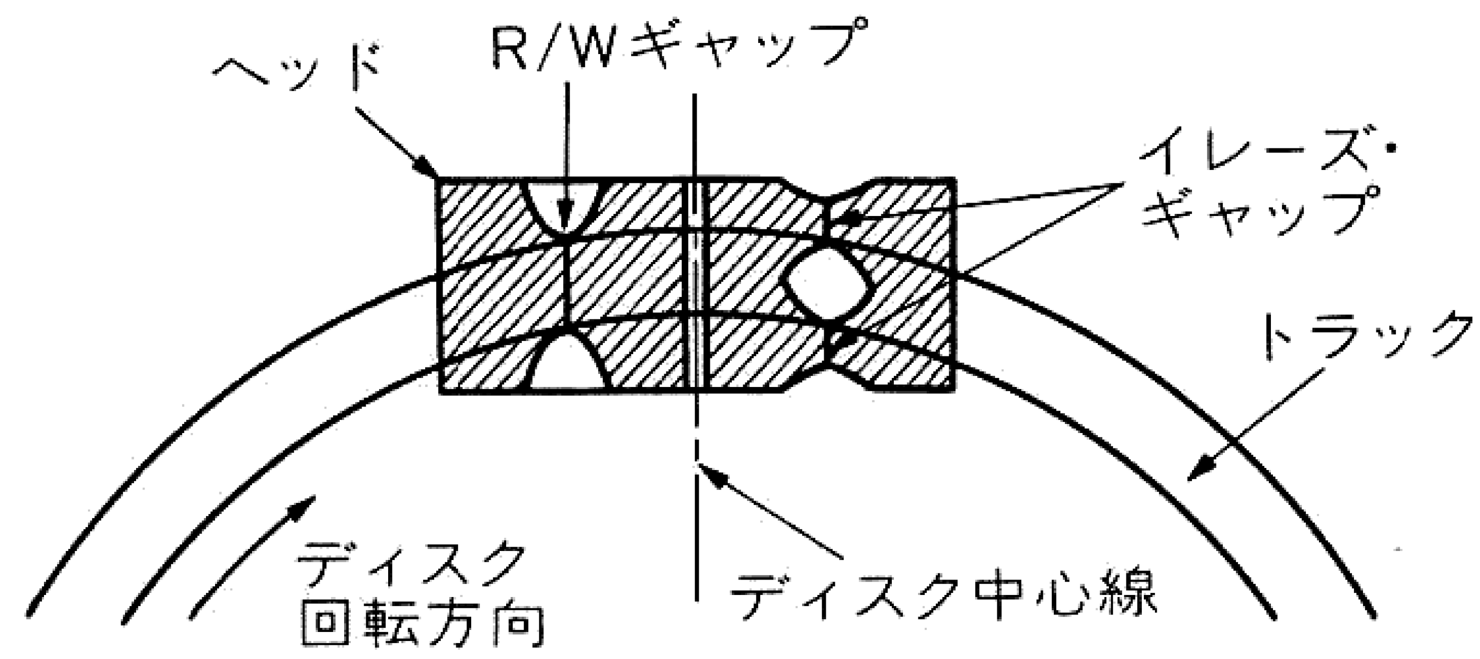
一方，3.5 インチFDDではR/Wヘッドとイレーズ・ヘッドをディスク中心線から左右・等距離にふり分けることで，これを行っている．こうすればトラックにより曲率が変化しても両ヘッド(ギャップ)の相対位置はずれを生じない．

イレーズ・ヘッド(ギャップ)は本来，データ・ライト時にトラックの両サイドをイレーズし，互換性上必要なトラック間ギャップを作るためのものであるが，リード時ヘッドがオフ・トラックしたときイレーズ・ギャップがデータの上に乗ると，少ないながら電圧を誘起する．これがR/Wコアにカップリングするとノイズとなり*SN*比を下げ，マージンを下

図 3.5　マイクロFDDにおけるイレーズ・ヘッド配置



（a）　日立製3インチFDDの例



（b）　ソニー製3.5インチFDDの例

げてしまう．もともとトンネル・イレーズ・タイプのヘッドはストラドル・タイプに比べ，このノイズが少なくなるよう設計されたものであるが，ノイズをさらに抑えるため，YD-480, YD-380Tではこのイレーズ・ギャップにもアジマスをつけ，データ部に乗ったときの電圧誘起を抑えている(図 3.4 (b)参照)．

●リード・フィルタ切替え

FDDではディスクの内周，外周に対し同じ容量でデータを記録するため記録密度にかなりの差が生じ，外周の分解能にリード・フィルタをあわせると内周ではマージンが下がりすぎてしまう．このため 96 TPIのFDDでは内周(たとえば, 44 シリンダ以後)になったときFDD内部で自動的にリード回路のフィルタを切り替え，分解能を高めマージンを高くする方法をとっている．これは 8 インチFDDの倍密度記録では従来から使用している方法である．8 インチFDDでは 60 シリンダより内周で切り替えている．この信号をスイッチ・フィルタと呼ぶこともある．

第4章

インターフェース

FDDのインターフェースは電源インターフェースと信号インターフェースに大別できる.

4.1　電源インターフェース

従来，8インチFDDは，ドライブ・モータ用としてAC電源，PWBコントロール用に＋24 V,＋5 Vの2電源を，さらに機種によっては－5 Vまたは－12 Vを必要とした．したがって合計では3～4種類の電源が必要で，使いにくかったが，薄型8インチFDDでは＋5 V,＋24 Vの2電源方式がほとんどで,使いやすくなっている.これらの電源の消費先は,＋5 Vはリード/ライト系を含み，すべてのロジック回路，インターフェース信号回路であり，機種によってはヘッド停止時のステッピング・モータ保持用電源としても使用される．また＋24 V電源はパワー用であり，ドライブ・モータ，ヘッド・ロード・ソレノイド，ドアロック・ソレノイド，シーク時のステッピング・モータに使用され，一部はリード/ライト回路にも使用される.＋5 V電源は±5％,＋24 V電源は±10％まで電圧変動を許容している.

FDDの電気系でも省エネ，省発熱対策化が進められているため，従来の厚型FDDからマイナス電源,AC電源が不要となっても＋5 V,＋24 Vの消費電流は増加せず,なくなった電源種類の分だけ消費電力は下がっている．ただし消費電流は，従来FDDに比べ変動が大きく(ほとんど無負荷から最大負荷まで変動する)，またその変動がステップ変動になるため，電源ユニットの選択または設計をする際にはこの点を考慮して，**ステップ変動に強く，レギュレーションの良い電源を使う必要がある**．また，最近の電源はスイッチング型が多いが，このスイッチング周波数が効率アップのため高くなってきており，FDDの使用してい

表4.1 各種のFDDに必要な電源

	R/W回路 ロジック回路	ステッピング・モータ／各種ソレノイド	スピンドル・モータ	電源の種類
8インチ厚型	+5V(+24V) (−5 or −12V)	+24V	AC	3 or 4電源
8インチ薄型	+5V(+24V)	+24V(+5V)	+24V	2
5¼インチ厚型	+5V(+12V)	+12V	+12V	2
5¼インチ薄型	+5V(+12V)	+12V(+5V)	+12V	2
3インチ(日立)	+5V(+12V)	+12V(+5V)	+12V	2
3.25インチ(ターバー)	+5V(+12V)	+12V	+12V	2
3.5インチ(ソニー)	+5V(+12V)	+12V(+5V)	+12V	2
4インチ(IBM)	+5V, −5V	+24V	+24V	3

る周波数帯域，62.5 kHz～250 kHzと同程度のものがある．これらはFDD側でノイズをひろいやすくなるため，充分なフィルタ回路と電磁シールドが必要となる．**FDD用電源としては低めのスイッチング周波数が望ましい．**

8インチFDDの電源コネクタは信号用コネクタと同じように各社(各インターフェース仕様)で互換性のないものが使用されている．電源の種類は前述のよう＋5 V，+24 Vの2電源化されており，本来は4ピンで充分なのだが，厚型のなごりか6～7ピンのものが多い．

5¼インチFDDの電源は当初の5¼インチFDD SA400から，＋5 V，+12 Vの2電源方式で，変わりはないが，発熱対策などでやはり消費電流は減少ぎみである．また+12 Vは8インチFDD同様負荷変動が大きいので，注意が必要である．

コネクタは各社統一がとられており，どこのメーカのFDDでもほぼ問題なく接続できる．ただし消費電流は各社バラバラなので注意が必要である．

マイクロFDDの電源はIBMの4インチFDDをのぞけば基本的に5¼インチFDDと同じになっており，＋5 Vおよび+12 V電源で動く．コネクタは3.5インチのソニー系が小型なものになっているほかは，5¼インチFDDと互換性のあるものを使用している．

最近のマイクロFDDでは電池電源対応のため，スタンバイ時の電流を10 mA程度まで下げたものや，12 Vが不要となった5 V単一電源のもの，電源電圧の変動範囲を4.5～6 Vと広くし電池へ直結できるものなど，改良品が現れている．

表4.1に各種FDDに必要な電源をまとめた．

4.2 信号インターフェース

● 5 ¼インチFDD

5 ¼インチFDDの信号インターフェースは，当初，シュガート社から発表されたSA400ミニFDDと外形を含め互換性のある設計を各社とも行っていた．また早くからANSI規格案としてインターフェース仕様が公表されていたため，現在の5 ¼インチFDDもこれに準拠し，基本的にはコンパチブルなインターフェースになっている．ただし，このとき信号の決定していなかったピンについては各社独自のものがある．

コネクタには普通，プリント基板による34ピン・カード・エッジ・コネクタが使用されている．最近，角ピンによるライト・アングル・ヘッダを使用しているものもあるが，信号配列は同じになっているため，フラット・ケーブルに圧接するコネクタを変えることで基本的には互換性がとれる．

カード・エッジ・コネクタは，主に米国3M社製の圧接タイプまたはAMP社の圧着型を想定して設計されている．しかし通常はこれに相当する各コネクタ・メーカのものが使用されており，ほとんど問題はない．ただし，これらのコネクタも詳細に検討するとその規格は各社まちまちであり，最悪値を用いると互換性のないものもある．この点はシステム設計時，一応注意しておいたほうがよい．カード・エッジ・コネクタはプリント基板の厚みが1.6 mmしか使用できないが，角ピン・ヘッダは基板の厚みが自由で薄型，小型化に向いている．またコネクタ接続時プリント基板の裏側にコネクタが出ないため，スペース・ファクタが良くなるのと，信頼性上カード・エッジ・コネクタより問題が少ないため，これからも小型化，薄型化FDDには角ピン・ヘッダが使用されてゆくものと思われる．

●高密度 5 ¼インチFDD

1.3 で書いたように，高密度5 ¼インチFDDはフォーマットなどの中身は8インチFDDと同じだが，信号インターフェースは従来型の5 ¼インチFDDと同じになっている．ただし2ピン，4ピン，34ピンなどについては各社いろいろな信号に用いているため注意が必要である．とくに最近の高密度5 ¼インチFDDは従来型5 ¼インチFDDとの互換性をとったり，スイッチ・フィルタ信号を追加したり，いろいろ新しい機能が追加されている．

表4.2 に各種5 ¼インチFDDの信号表を，**表4.3** にこれらの信号の説明を示す．

●8インチFDD

5¼インチFDDと異なり，8インチFDDでは，その発展がIBMディスケットとの互換性のみを考慮するということでFDD本体については，とくにこれを定める規格がなかったため，インターフェース，外形など各社バラバラであった．薄型8インチFDDでは外形寸法，取付け穴など，かなり共通化されてきてはいるが，電源/信号インターフェース・コネクタについてはいろいろな仕様がある．

ワイ・イー・データ社が用意しているものだけでも3種類ある．このほかにもFDC，CPUを内蔵したものを含めると国内でもさらに3～4種あると思われる．

(1) YEDインターフェース：これはワイ・イー・データ社が片面8インチFDDに使用していたインターフェースを基本に作ったもので，Ready信号ラインをFDD 4台それぞれにもっている．また異常書込み防止のためのFile Unsafe機能をもっている．

表4.2 5¼インチFDD信号インターフェース表

ピン番号	信号の種類 コントローラ↔FDD	48 TPI 両面 YD-274 YD-580	96 TPI 両面 YD-280 YD-480	高密度 YD-380T
2		Reserved	Reserved	Reserved
4	⟶	Head Load	In Use ＊1	Head Load ＊2
6	⟶	Drive Select 3	Drive Select 3	Drive Select 3
8	⟵	Index	Index	Index
10	⟶	Drive Select 0	Drive Select 0	Drive Select 0
12	⟶	Drive Select 1	Drive Select 1	Drive Select 1
14	⟶	Drive Select 2	Drive Select 2	Drive Select 2
16	⟶	Motor On	Motor On	Motor On
18	⟶	Direction Select	Direction Select	Direction Select
20	⟶	Step	Step	Step
22	⟶	Write Data	Write Data	Write Data
24	⟶	Write Gate	Write Gate	Write Gate
26	⟵	Track 00	Track 00	Track 00
28	⟵	Write Protect	Write Protect	Write Protect
30	⟵	Read Data	Read Data	Read Data
32	⟶	Side 1 Select	Side 1 Select	Side 1 Select
34	⟵	Ready	Ready	Ready

＊1 切替えによりHead Loadとして使用できる．
＊2 切替えによりIn Useとして使用できる．

(2) VFO内蔵インターフェース：これは日立製FDD 402，412 などが使用しているインターフェースにあわせたもので，ディスクから読みとった信号をデータとクロックに分離するためのVFOデータ・セパレータをFDD内部にもっている．このためシステム(FDC)との接続は容易になるが，VFOの分だけFDDのコスト・アップとなる．このタイプのインターフェースをもつFDDはフロント・ベゼルにインユースLEDを二つもっている．

(3) ANSIインターフェース：これは5¼インチFDDと同じでシュガート社の8インチ片面FDD, SA800のインターフェースを基本にANSIへ規格案として提出したもので，使用

表4.3　5¼インチFDDのインターフェース信号

IN/OUT	信　号	説　明
OUT	Read Data	読出しデータ・パルス．クロック・パルスとデータ・パルスを分離していないもの．
IN	Switch Filter*	読出し系のフィルタの切替えを行う．トラック0～43でOFF，トラック44～79でONにする．
IN	Head Select*	ディスク面を選択する．“H”でサイド0（片面FDDと同じ面），“L”でサイド1が選択される．
IN	Write Gate	ONのとき，ディスクへの書込みを可能にする．
IN	Write Data	書込みデータ・パルス列．クロック・パルスとデータ・パルスを合成したもの．
OUT	Write Protect	書込み禁止ノッチつきディスクを挿入したときONになる．このときディスクの書込みは禁止する．
IN	Direction	ヘッドの移動方向を指示する．
IN	Step	ヘッドを移動させるパルスで，1パルスにつき1トラック移動する．
IN	Head Load*	2個のヘッドをディスクの両面に接触させる．
IN	In Use*	FDDを選択していないときも，インユースLEDを点灯させたりするときに使用する．
OUT	Index	インデクス・ホールの検出信号．ディスク1回転につき1パルスのIndex信号が発生する．
OUT	Ready	ディスクが装着され，回転していることを示す．
OUT	Track 00	ヘッドの位置がトラック0上にあることを示す．
IN	Drive Select 0～3（1～4）	デージ・チェイン接続されたFDDの中から使用するFDDを選択する．
OUT	Disk Change*	セレクトされていないFDDでドアがオープンしディスクが交換されたことを保持し，セレクトしたときこれをホスト・システムに伝える．
IN	Mortor On	ドライブ・モータを回す指令信号．この信号にはドライブ・セレクト信号がゲートされていないため，接続されたすべてのFDDのモータが同時にONする．

＊　この信号をもたないFDDもある．

表 4.4 YD-174 D, YD-180(8インチ)のインターフェース表

	YED I/F	ANSI I/F	VFO I/F
	3M タイプ 50芯	カード・エッジ 50芯	3M タイプ 50芯
入力信号	Head Select	Head Select	Head 1 Select
	In Use	In Use	――――
	Write Data	Write Data	Write Data
	Write Gate	Write Gate	Write Gate
	Unsafe Reset	――――	Fault Reset
	Low Current	Low Current Switch Filter	Low Current
	Step	Step	Step
	Direction	Direction	Step Direction
	Head Load	Head Load	Head Engage
	Drive Select 0	Drive Select 1	Unit Select 2^0
	Drive Select 1	Drive Select 2	Unit Select 2^1
	Drive Select 2	Drive Select 3	――――
	Drive Select 3	Drive Select 4	――――
	Switch Filter	――――	――――
	――――	――――	Data Area
	――――	――――	MFM Gate
出力信号	Read Data	Read Data	Separated Data (File Data)
	Disk 2 Sense	Disk 2 Sense	Diskette II Sense
	Index	Index	Index
	Drive Sense	――――	――――
	File Unsafe	――――	Fault
	Write Protect	Write Protect	File Protect
	Track 00	Track 00	Track 00
	Ready 0	Ready	Ready 0
	Ready 1	――――	Ready 1
	Ready 2	――――	Ready 2
	Ready 3	――――	Ready 3
	――――	Disk Change	――――
	――――	――――	VFO Clock
	――――	――――	Separated Clock

―― は信号なしを示す.

表 4.5 FDDの主なインターフェース信号

IN/OUT	信　号	説　明
OUT	Read Data	読出しデータ・パルス．クロック・パルスとデータ・パルスを分離してないもの．
IN	Switch Filter	読出し系のフィルタの切替えを行う．トラック0～59でOFF，トラック60～76でONにする．
IN	Head Select	ディスク面を選択する．"H"でサイド0(片面FDDと同じ面)．"L"でサイド1が選択される．
IN	Write Gate	ONのとき，ディスクへの書込みを可能にする．
IN	Write Data	書込みデータ・パルス列．クロック・パルスとデータ・パルスを合成したもの．
IN	Low Current	書込み電流の切替え信号．トラック0～43でOFF, 44～76でONにする．
OUT	File Unsafe (Fault)	書込み条件を満足しない状態（Write Dataがこないなど）でWrite GateをONにしたとき，この信号はONにセットされる．
IN	Unsafe Reset (Fault Reset)	File Unsafe信号をリセットする．Write GateをOFFにしてリセット・パルスを与える．
OUT	Write Protect	書込み禁止ノッチつきディスクを挿入したときONになる．このときディスクの書込みは禁止される．
IN	Direction	ヘッドの移動方向を指示する．
IN	Step	ヘッドを移動させるパルスで，1パルスにつき1トラック移動する．
IN	Head Load	2個のヘッドをディスクの両面に接触させる．
IN	In Use	FDDを選択してないときも，ドアをロックしたいときに使用する．
OUT	Index	インデクス・ホールの検出信号．ディスク1回転につき1パルスのIndex信号が発生する．
OUT	Ready0~3(1～4)	ディスクが装着され，回転していることを示す．
OUT	Track 00	ヘッドの位置がトラック0上にあることを示す．
OUT	Disk 2 Sense	両面ディスクが装着されていることを示す．
IN	Drive Select 0～3(1～4)	デージ・チェイン接続されたFDDの中から使用するFDDを選択する．
OUT	Disk Change	セレクトされていないFDDでドアがオープンしディスクが交換されたことを保持し，セレクトしたときこれをホスト・システムに伝える．
OUT	Separated Data	ディスクから読み取ったデータからデータ・パルスのみを弁別し，VFO Clock信号の所定の位置(たとえば中央)に並べなおした信号．
OUT	Separated Clock	ディスクから読み取ったデータからクロック・パルスのみを弁別し，VFO Clock信号の所定の位置，たとえば中央に並べなおした信号．
OUT	VFO Clock	FDDに内蔵したVFO回路がつくったクロック・ウィンドウ信号．この信号でFDCはデータを取り込む．
IN	Data Area	VFO回路のコントロール信号．データ転送中であることを示す．
IN	MFM Gate	VFO回路のコントロール信号．倍密度記録(MFMフォーマット）を使用しているときONにする．

ピン数も少なく5¼インチFDDインターフェースと良く似ている．海外において8インチFDDでは良く使用されているインターフェースである．

前者二つが角ピンのライト・アングル・ヘッダなのに対し，このANSIインターフェースはプリント基板のカード・エッジ・コネクタを用いている．ただ，一般的に高級システム指向の8インチFDDではカード・エッジ・コネクタはあまり好まれないようである．このANSIインターフェースは追加機能により8台までのFDDがデージ・チェインにより接続できる．

表4.4，4.5に，これらの信号名一覧表と信号の概略機能を示す．

●マイクロFDD

各種マイクロFDDのうち，3インチおよび3½インチFDDは，もともと5¼インチFDDとインターフェース上，互換性がある設計がなされており，基本的にはそのまま接続できる．表4.6に日立製3インチFDD HFD 305 Dのインターフェース信号表を示す．

3.5インチFDDのソニー仕様では，ディスクの回転数が300 rpmと600 rpmのものがあり，600 rpmについては5¼インチFDDと仕様上もインターフェース上も互換性はない．仕様上は8インチFDDに近いものである．このタイプでは，26ピンのソニー・オリジナル・インターフェースが使用されている．コネクタは角ピンのライト・アングル・ヘッダが使

表4.6 日立製3インチFDD HFD305Dのインターフェース

ピン番号	信号名	ピン番号	信号名
1	Return	2	——
3	Return	4	In Use
5	Return	6	Drive Select 3
7	Return	8	Index
9	Return	10	Drive Select 0
11	Return	12	Drive Select 1
13	Return	14	Drive Select 2
15	Return	16	Motor On
17	Return	18	Direction Select
19	Return	20	Step
21	Return	22	Write Data
23	Return	24	Write Gate
25	Return	26	Track 00
27	Return	28	Write Protect
29	Return	30	Read Data
31	Return	32	Side Select
33	Return	34	Ready

用されている．

当初発表された600 rpm，片面，70トラックFDD OA-D30 VおよびD31Vでは2台のドライブ切替えしかできなかったが，ANSI提案仕様によりできたOA-D32 V，-D32 Wでは2本のDrive Select信号をバイナリ(2進数)で用いることで4台切替えできるようになっている．

表 4.7 3.5インチFDDの34ピン・インターフェース

ピン番号	OA-D33V ソニー 300 rpm，片面	OA-D33W ソニー 300 rpm，両面
1	Disk Change Reset	Disk Change Reset
2	Disk Change	Disk Change
3	Return	Return
4	In Use	In Use
5	Return	Return
6	Drive Select 4	Drive Select 4
7	Return	Return
8	Index	Index
9	Return	Return
10	Drive Select 1	Drive Select 1
11	Return	Return
12	Drive Select 2	Drive Select 2
13	Return	Return
14	Drive Select 3	Drive Select 3
15	Return	Return
16	Motor On	Motor On
17	Return	Return
18	Direction Select	Direction Select
19	Return	Return
20	Step	Step
21	Return	Return
22	Write Data	Write Data
23	Return	Return
24	Write Gate	Write Gate
25	Return	Return
26	Track 00	Track 00
27	Return	Return
28	Write Protected	Write Protected
29	Return	Return
30	Read Data	Read Data
31	Return	Return
32	Reserved	Head Select
33	Return	Return
34	Ready	Ready

300 rpmのものについては5 ¼インチFDDと同じ34ピンのライト・アングル・ヘッダ・タイプである．新しい信号として，ディスクの着脱をモニタするDisk Change信号と，これをリセットするDisk Change Reset信号の二つが追加されている．

これらの信号インターフェースを**表4.7**，**4.8**に示す．

IBMの4インチFDDは，仕様上もインターフェース信号も従来型のFDDを完全に無視した設計になっている．参考までに**表4.9**に信号一覧表を示す．表からもわかるように，このFDDにはIndex信号，Track 00信号，Write Protect信号などがない．つまり，これらのスイッチ類を内蔵しないシンプルなメカ設計になっているわけである．

Index信号と，Write Protect信号はディスクに書かれたデータで代替えし，Track 00信号は使用しないコントロールが行われる．

表4.8 3.5インチFDDの26ピン・インターフェース

ピン番号	OA-D32V ソニー 600 rpm，片面	OA-D32W ソニー 600 rpm，両面
1	Motor On	Motor On
2	Drive Select 0	Drive Select 0
3	Disk Change	Disk Change
4	Drive Select 1	Drive Select 1
5	Disk Change Reset	Disk Change Reset
6	Direction Select	Direction Select
7	Return	Return
8	Step	Step
9	Return	Return
10	Write Data	Write Data
11	Return	Return
12	Write Gate	Write Gate
13	Return	Return
14	Head Load	Head Load
15	Return	Return
16	Reserved	Head Select
17	Return	Return
18	Index	Index
19	Return	Return
20	Track 00	Track 00
21	Return	Return
22	Write Protected	Write Protected
23	Return	Return
24	Read Data	Read Data
25	Return	Return
26	Ready	Ready

ホスト・システムとFDDの信号インターフェースは，フラット・ケーブルまたはツィステッド・ペア・ケーブルを使用している．信号のやりとりはすべて負論理で，TTLレベルで行われる．FDDの入出力信号レベル特性を**表 4.10** に示す．通常，インターフェースは1本のケーブルに複数台(一般的には4台まで)を接続するデージ・チェイン接続ができる．このときの回路例を**図 4.1** に示す．このケーブル長はホスト・システムから最も遠いFDDまで3mまたは6mで設計されており，伝送信号の終端抵抗が必要となる．一般的に使用されているフラット・ケーブルの特性インピーダンスは約110Ωであり，終端抵抗としてはこれと同じ110Ωが理論的にはベストであるが，ライン・ドライバの能力と，パワー・ロスを少なくするためから，普通は150Ωのプルアップか，220Ωプルアップ/330Ωプルダウン接続がよく使用される．数値的には見かけの抵抗値が低くなる220Ω/330Ωのほうがよいが“H”レベルの電圧が3Vと低くなるため伝送波形からは“H”レベルの電圧が5Vになる

表 4.9 IBM 4インチFDDのインターフェース

ピン番号	信号名	ピン番号	信号名
A 01	Reset	B 01	Ground
A 02	2/3 MHz clock	B 02	Ground
A 03	Motor On	B 03	Ground
A 04	Write Gata	B 04	Ground
A 05	Write Data	B 05	Ground
A 06	Step In/High Gain	B 06	Ground
A 07	Step	B 07	Ground
A 08	Data clock	B 08	Ground
A 09	Read Data/Fault	B 09	Ground
A 10	Emitter	B 10	Key

表 4.10 入出力信号レベル

(a) FDD 入力特性

“H” レベル	false	2.0 V～5.25 V
“L” レベル	true	0 V～0.5 V
入力インピーダンス		150 Ω (＋5 V 間)

(b) FDD 出力特性

“H” レベル	false	カット・オフ電流 250 μA max
“L” レベル	true	0～0.4 V，シンク電流 40 mA max

図 4.1 150 Ωターミネータによる接続例

	ホスト・システム側	FDD側
ライン・ドライバ	7438または相当品	7438または相当品
ライン・レシーバ	7414または相当品	TTL
ターミネータ	150Ω(入力～+5V間)	150Ω (コントローラからもっとも遠いドライブにて入力～+5V間)

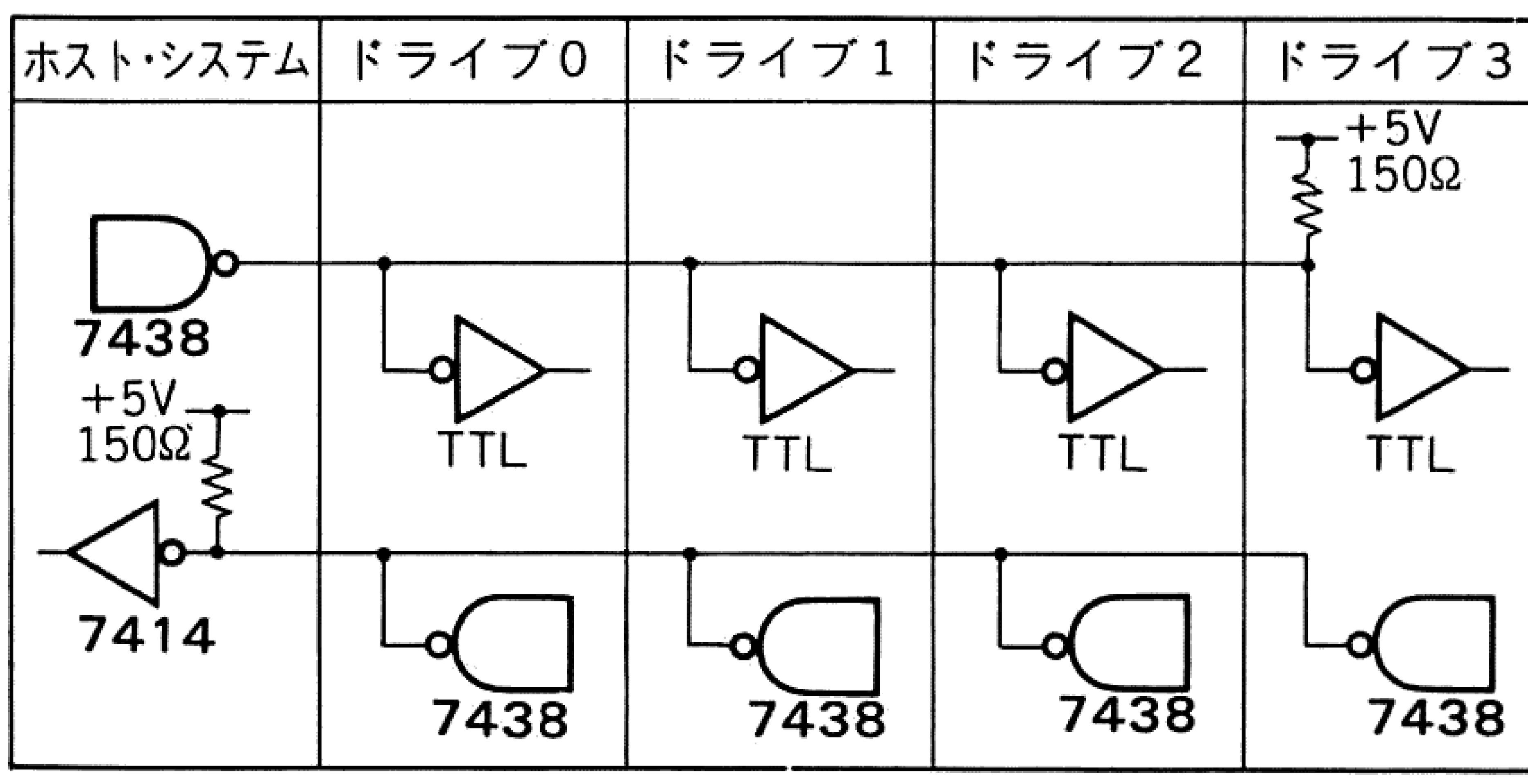
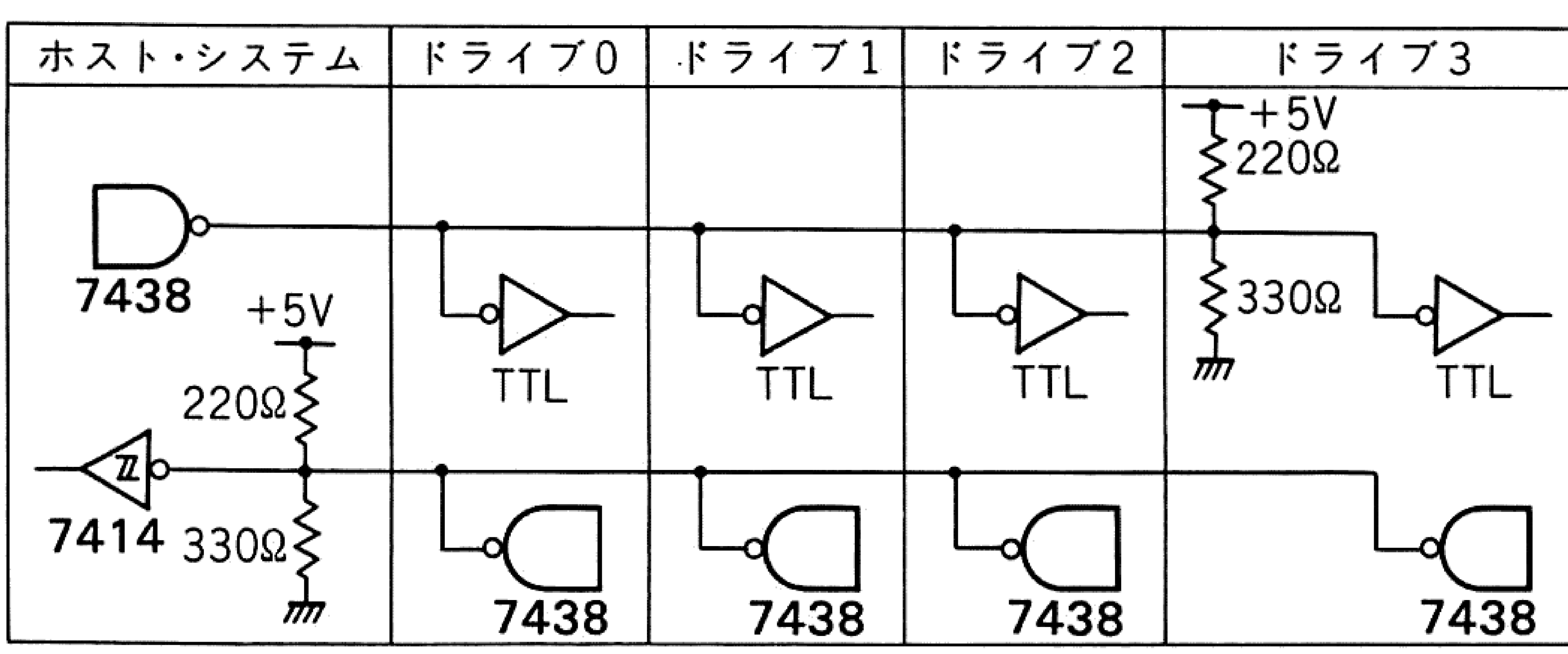


図 4.2 220 Ω/330 Ωターミネータによる接続例

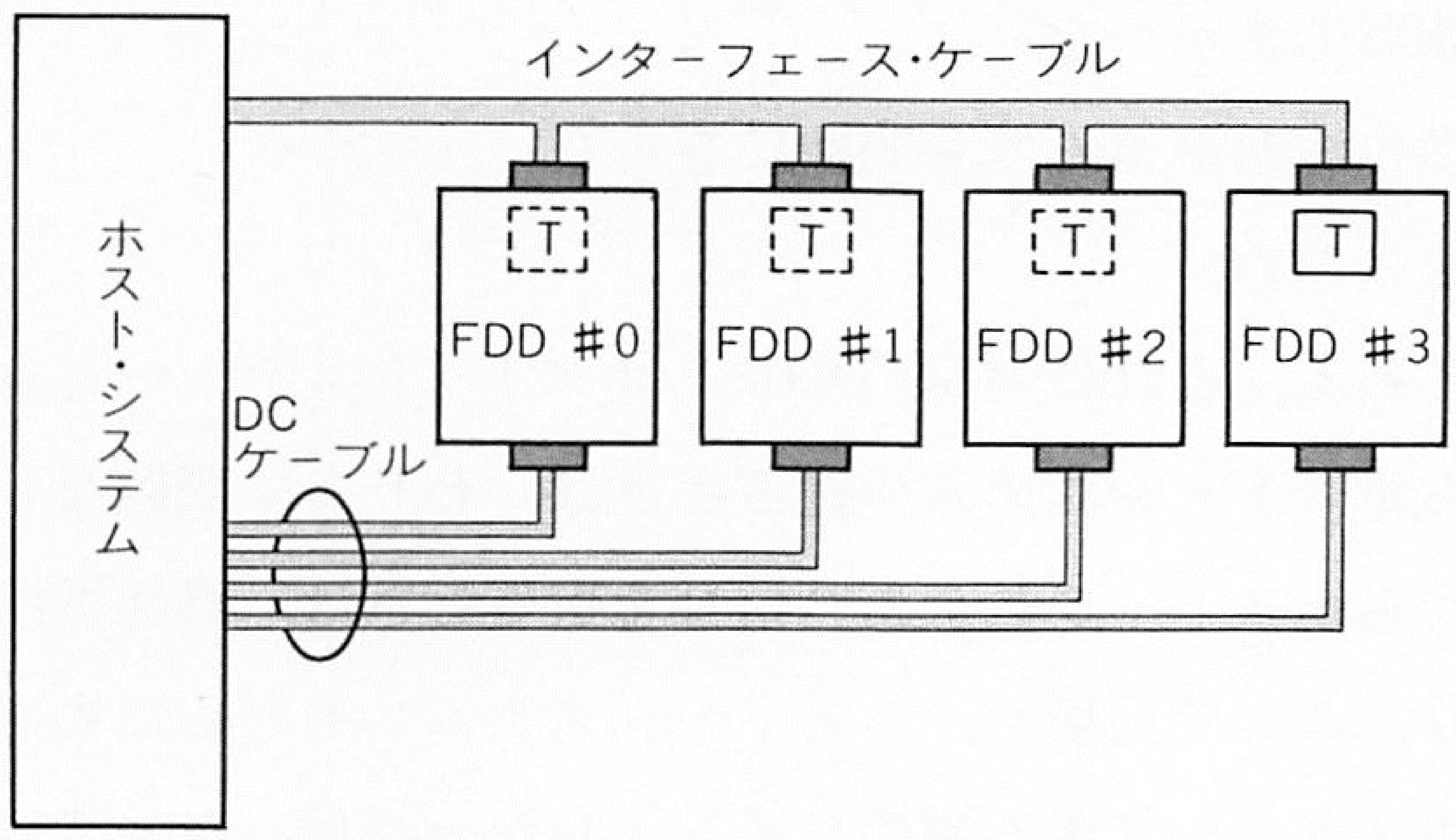


150 Ω 終端のほうが安全である．

図 4.2 に 220 Ω/330 Ωターミネータによる接続例を示す．図 4.3 にケーブル接続例を示す．

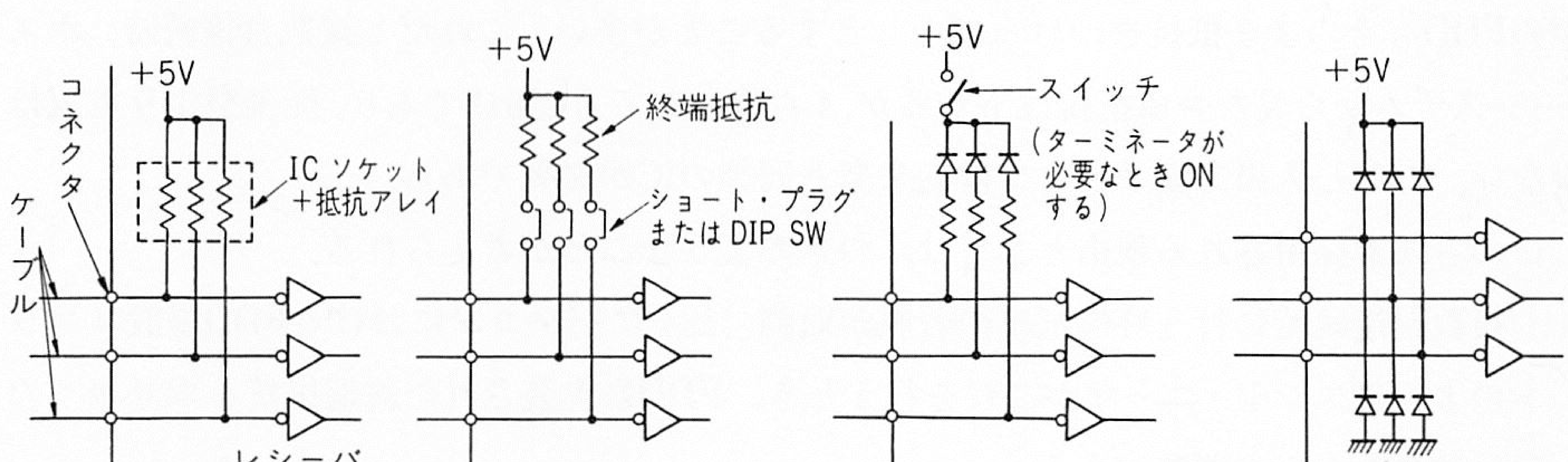
デージ・チェイン接続を行う場合，信号ケーブルの最終FDD以外の終端抵抗は無意味であり，ホスト・システム側のライン・ドライバの能力からも，ケーブル途中のFDDから終端抵抗は取りはずす必要がある．従来よく行われていたのは図 4.4 (a)に示すようなICソケットに実装されたDIP (Dual Inline Package) 抵抗ネットワークをはずす方式であったが，信頼性，コスト，スペースなどから同図(b)，(c)に示すような方式も使われている．また終

図 4.3　信号，電源接続例



複数台のデージ・チェイン接続の場合は，ターミネータTはコントローラからもっとも遠いドライブのみに取り付け，その他は，ターミネータTをとりはずす．

図 4.4　ターミネータ取付けおよび着脱方式



(a) ICソケット方式　(b) ショート・プラグ方式　(c) ダイオード一括式　(d) ダイオード・クランプ方式

端抵抗を使用しない方法として同図(d)の方式もあるが，FDDではあまり用いられていない．

FDD側，ホスト・システム側ともに，出力ドライバにはこの終端抵抗を充分ドライブする能力が必要となる．適当な素子としてはスタンダードTTLの 7438 がある．最近 7438 のかわりに 7406 または 7407 を使用した例が良くあるが，06，07 のドライブ能力は，$V_{OL}=0.4\,\mathrm{V}$ のとき $I_{OL}=16\,\mathrm{mA}$, $V_{OL}=0.7\,\mathrm{V}$ のとき $I_{OL}=40\,\mathrm{mA}$ で，これでは仕様上使用できない．当然LSタイプのTTL，74 LS 38 なども使用できない．

レシーバ素子としては，従来，シュミット・トリガ素子，たとえば 7414 が使用されていたが，最近ではFDD側のライン・レシーバは必ずしもシュミット・トリガ素子を使用していない．これは，

(1) ホスト・システムからの信号はケーブルの最終端でターミネートされるためFDDがどこで受けても，波形の歪が少ない.
(2) レベル信号は多少波形が歪んでも問題にならない.
(3) コスト・ダウンのため.

といった理由からである．これに対しFDDからホスト・システムへ送る信号はケーブルの最終端ドライブからホスト・システムへ送るときは，わりあい問題ないが，ケーブル途中のドライブ0～2からホスト・システムへ信号を送るときは，終端抵抗のないドライブ3側へも信号が伝わり，ここで反射し，ホスト・システムへもどるため，伝送波形がかなり歪む．このため，**ホスト・システム側のライン・レシーバは，シュミット・トリガ素子を使うべき**である.

また最近，終端抵抗をケーブルのマッチング用としてでなく，たんなるプルアップとして考え，1kΩ程度にしてしまう傾向がある．このときはデージ・チェインでもケーブル途中のFDDもそのまま抵抗をつけっぱなしとすることが多い．これだと複数台接続時，ホスト・システムから見た合成抵抗は下がるが，4台接続しても250Ωであり，従来型より電流は少ない．ただし入出力素子としては従来型と同等のICが必要である.

この方式が採用される理由としては，つぎのようなことが考えられる.

(1) 複数台接続時に行う終端抵抗の着脱が面倒．とくにパソコンにおけるFDD増設ユニットのようにエンド・ユーザがこれを行うとき，FDDに実装された終端抵抗を取り扱うのは信頼性上からも問題がある.
(2) コスト・ダウンのため．ICソケットにしろ，ピンヘッダとショート・プラグの組合せにしろ，電気部品としては比較的高価なものである.
(3) 消費電流を下げ，発熱をおさえる．従来型の150Ω終端だと，1本の信号線に30mA程度の電流が流れ，ホスト・システム，FDD両方あわせて少なくても信号線は10本以上あり，かなりのパワー・ロスになる.
(4) システムの小型化によりケーブル長が短くてすむ．初期の8インチFDDを使用した(サイズが)大型なシステムのようにケーブルを3mも6mも引き回す必要がなくなったため.
(5) FDDの小型化で抵抗を着脱するスペースがない.

いずれにしろ，ケーブルのマッチングがとれていないのであるから，伝送波形に充分注意し，ケーブル長をできるだけ短くして使用すべきである.

第5章

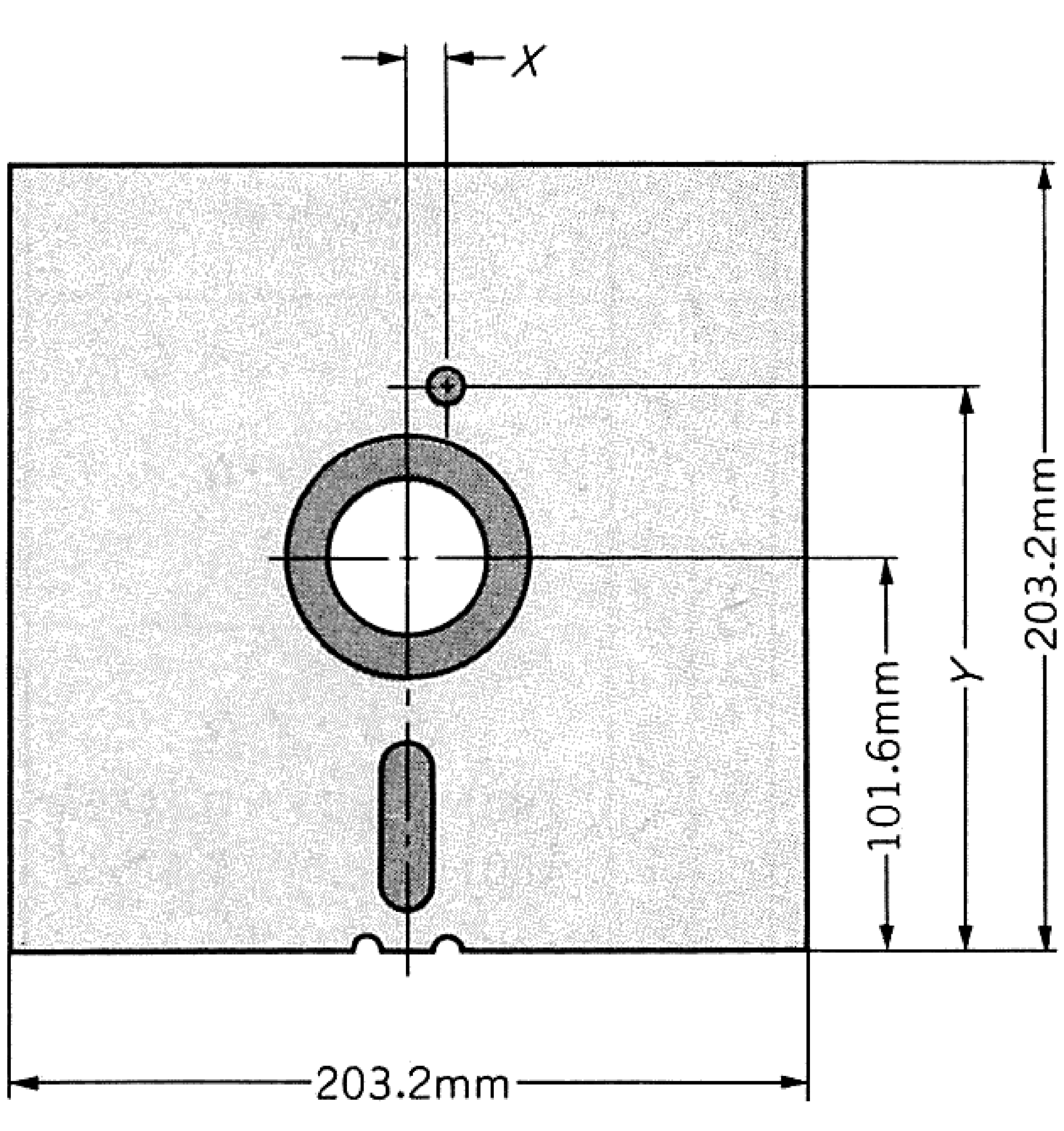
ディスクおよびディスク・フォーマット

5.1 ディスク

本書ではディスクと呼んでいるが，IBMではディスケット，ISO/JISではフレキシブル・ディスク・カートリッジと呼ばれている．

図5.1は8インチ・ディスクの，**図5.2**は5¼インチ・ディスクの，それぞれ外形寸法図である．その名のとおり，それぞれ一辺の長さが5¼インチ，8インチになっている．**図5.3**は各種マイクロ・ディスクの外形寸法を示す．8インチ・ディスクでは，片面ディスク(Diskette 1)と両面ディスク(Diskette 2，Diskette 2 D)とは，ディスク・ジャケットのインデクス・ウィンドウの位置が異なっている．このため8インチ両面FDDでは2組の

図5.1 8インチ・ディスク[4)]



① **ジャケットのインデクス・ウィンドウの位置**

	Diskette 1	Diskette 2 Diskette 2D
X	5.080mm	16.510mm
Y	139.370mm	135.940mm

② **トラック位置**

両面ディスクのサイド0とサイド1のトラック位置は4トラックずれている

サイド0のトラック位置＝51.5366＋(76－N)×0.5292mm

サイド1のトラック位置＝49.4208＋(76－N)×0.5292mm

ただしNはトラック番号(0～76)

(両面ディスクのサイド0は片面ディスクの記録面に対応する)

インデクス検出器が組み込まれ，片面，両面のいずれのディスクも使用できるようになっている．また両面ディスクのときは，両面ディスク検出(Disk 2 Sense)信号をホスト・システムへ出力する．

他のディスクはこの機能をもっていないため，必要ならソフト的に管理する必要がある．

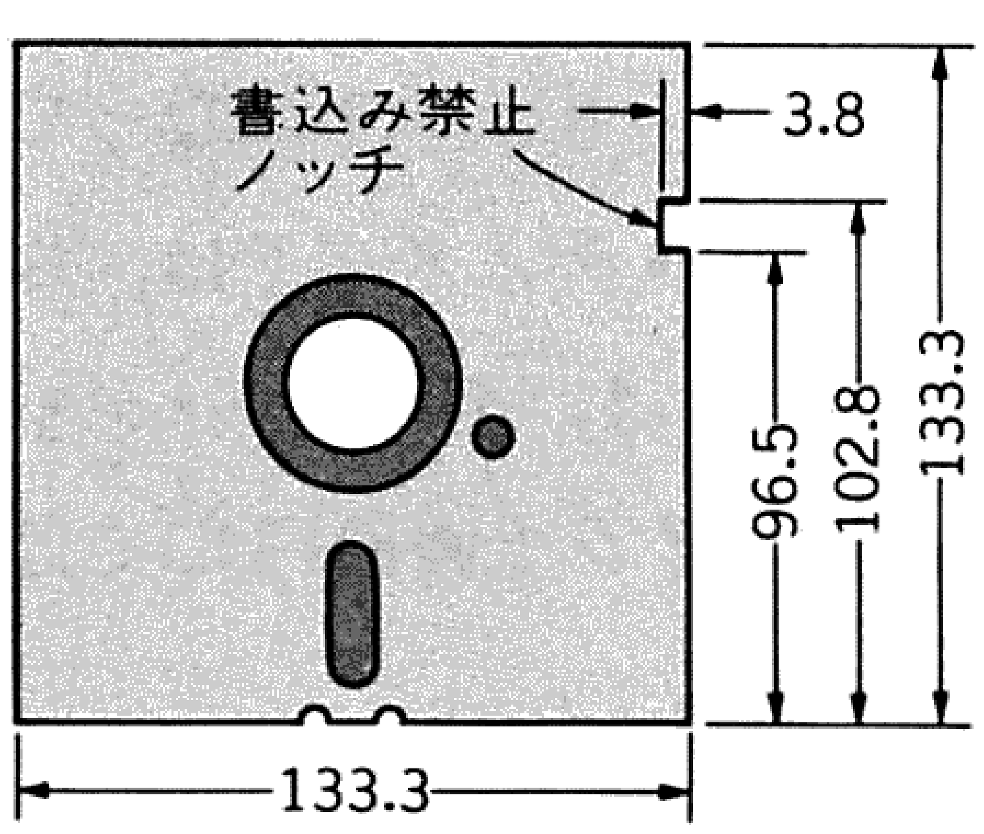
8インチ・ディスクではジャケットの一部に切込みを入れることでディスクへのデータ書込みを禁止することができる．この位置を図5.4に示す．

5¼インチ・ディスクでは8インチと逆にすでに切り込んであるライト・プロテクト・ノッチにカバーをすることでライト・プロテクトをすることができる．

マイクロ・ディスクにもこの機能がある．

つぎにシリンダだが，ディスク上には，外周から順にシリンダ0，1，2，3…とならんでおり，8インチ・ディスクではシリンダ76まで，5¼インチ・ディスクでは，48 TPIのも

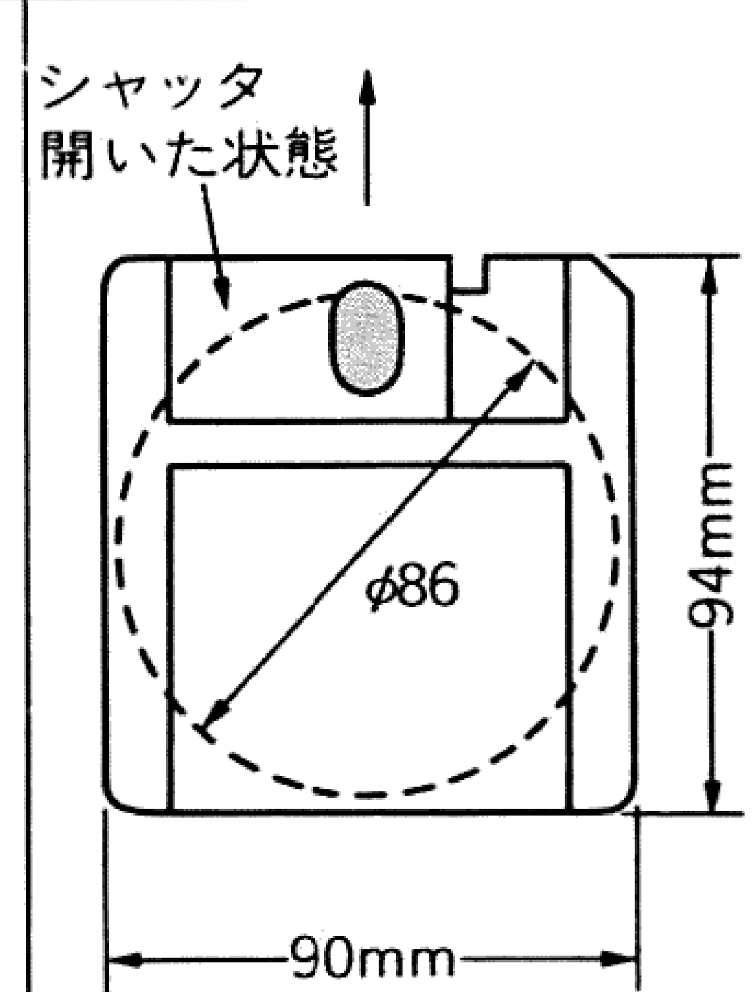
図5.2　5¼インチ・ディスク[4)]



トラック位置
48TPI：サイド0とサイド1は4トラックずれている．
サイド0のトラック位置＝57.151－N×0.5292mm
サイド1のトラック位置＝55.034－N×0.5292mm

96TPI：サイド0とサイド1は8トラックずれている．
サイド0のトラック位置＝57.151－N×0.2646mm
サイド1のトラック位置＝55.034－N×0.2646mm

ただしNはトラック番号

メーカ		(a)　ソニー
形状		 厚さ3.4mm
トラック・ロケーション	サイド0	39.5－$Y \cdot N$
	サイド1	38.0－$Y \cdot N$ (40トラックY＝0.1875, 80トラックY＝0.375)

のがシリンダ34または39まで，96 TPIのものがシリンダ79までである．高密度5 ¼インチ・ディスクは8インチと同じシリンダ76までである．

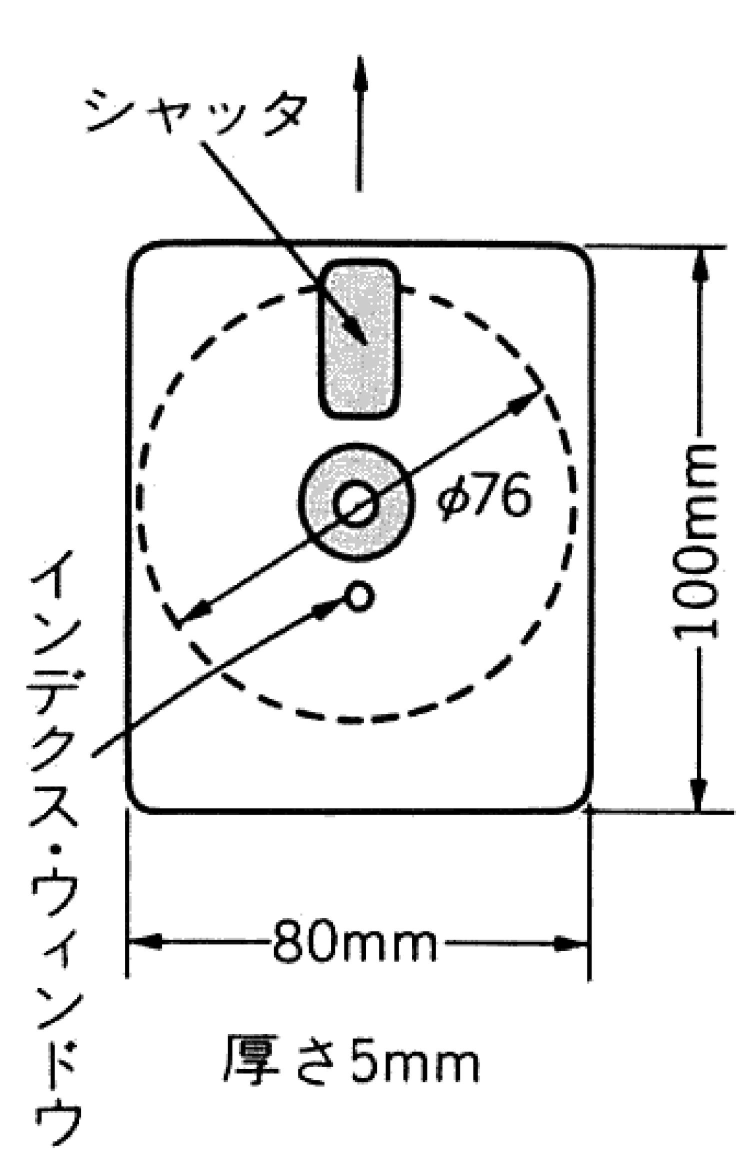
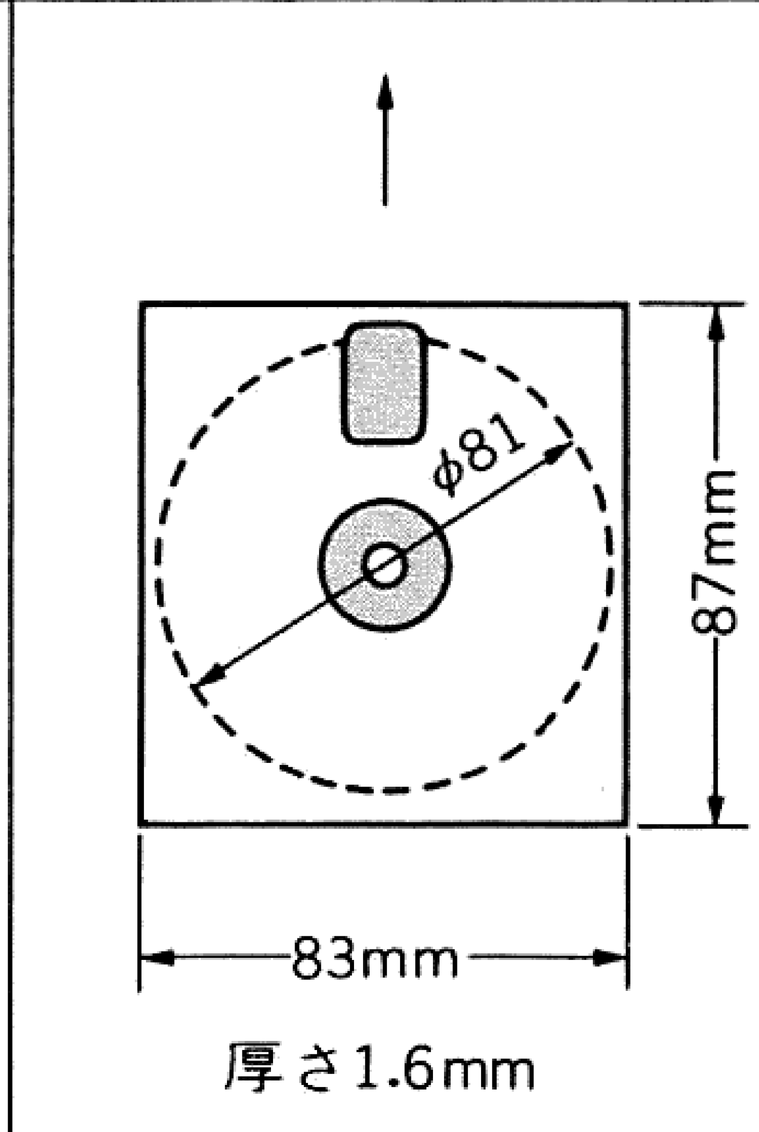
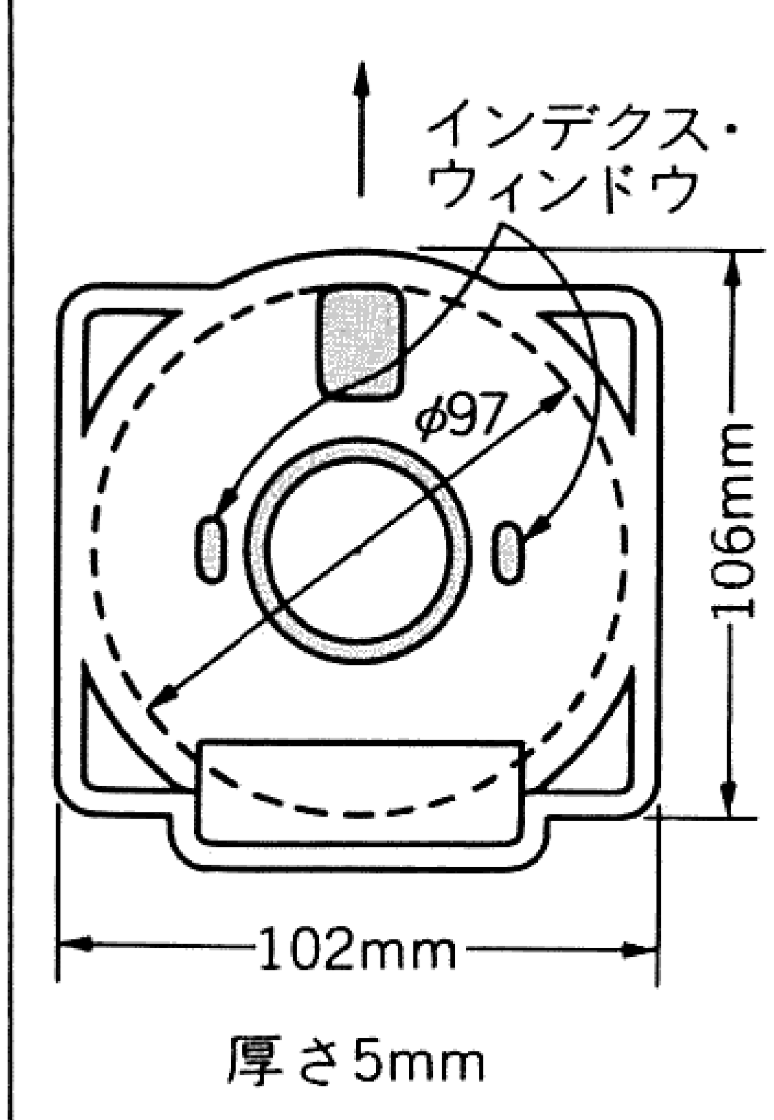
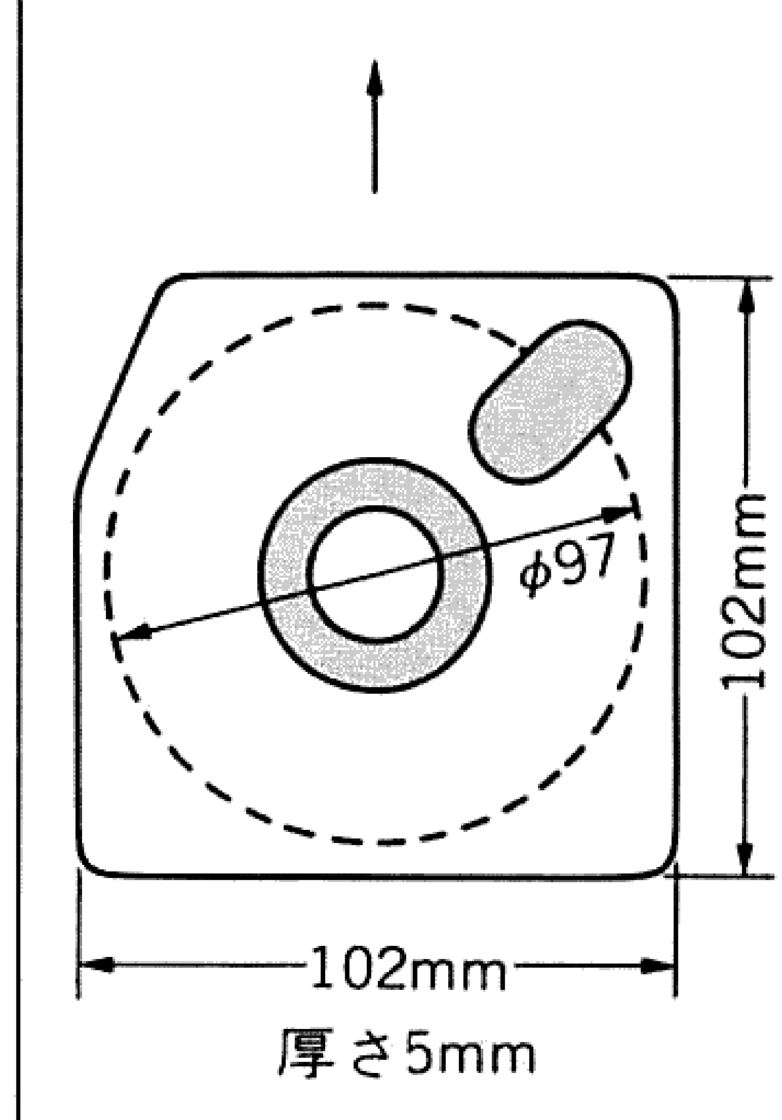
マイクロ・ディスクでもこれはほぼ同じで，40トラック・タイプが0から39まで，80トラック・タイプが0から79シリンダまで使用している．

両面ディスクでは，1本のシリンダにサイド0とサイド1と2本のトラックがあり，片面ディスクにはサイド0のみ1本しかトラックがない．

1本のトラックはプリ・アンブル部，複数個のセクタ部，ポスト・アンブル部から構成されている(図5.5参照)．

トラックの書きはじめ位置は，FDDのインデクス検出器がディスクのインデクス・ホールを検出したところになるが，このインデクス検出器とヘッドは各FDD間で多少の位置ずれをもっている．このため，別のFDDでリードする場合，トラックのスタート位置がイン

図5.3 各社マイクロフロッピ・ディスクの形状

(b) 松下-日立	(c) DYSAN	(d) キヤノン電子	(e) IBM
			
$32.500-\frac{25.4}{T}N$	$36.1696-\frac{25.4}{140}N$		$28.35+0.3700\times N$
$30.468-\frac{25.4}{T}N$ (40トラック $T=100$, 80トラック $T=200$)	$37.9839-\frac{25.4}{140}N$		

Nはトラック番号

図 5.4　8インチ・ディスク書込み禁止ノッチの位置と寸法

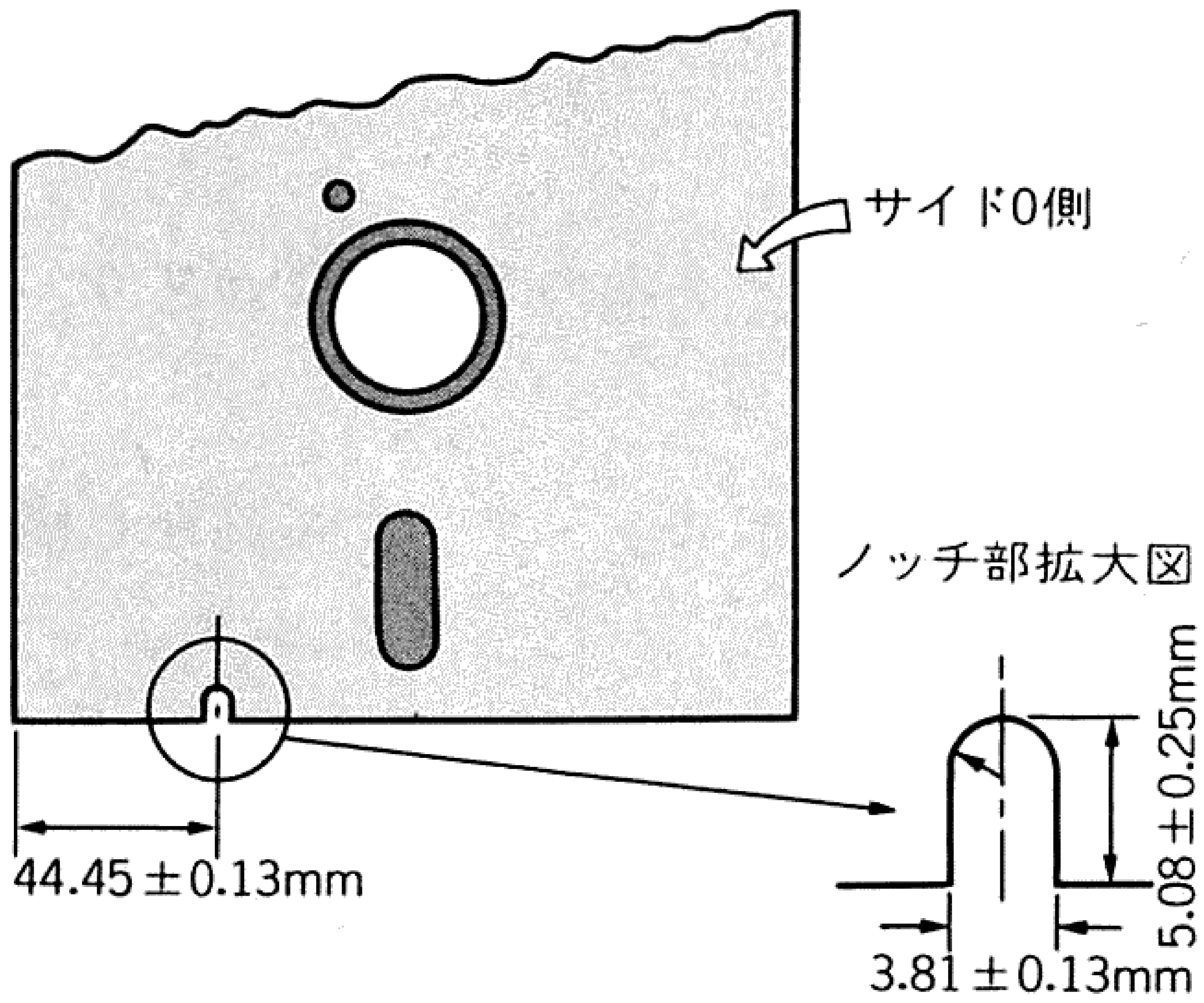


図 5.5　トラック

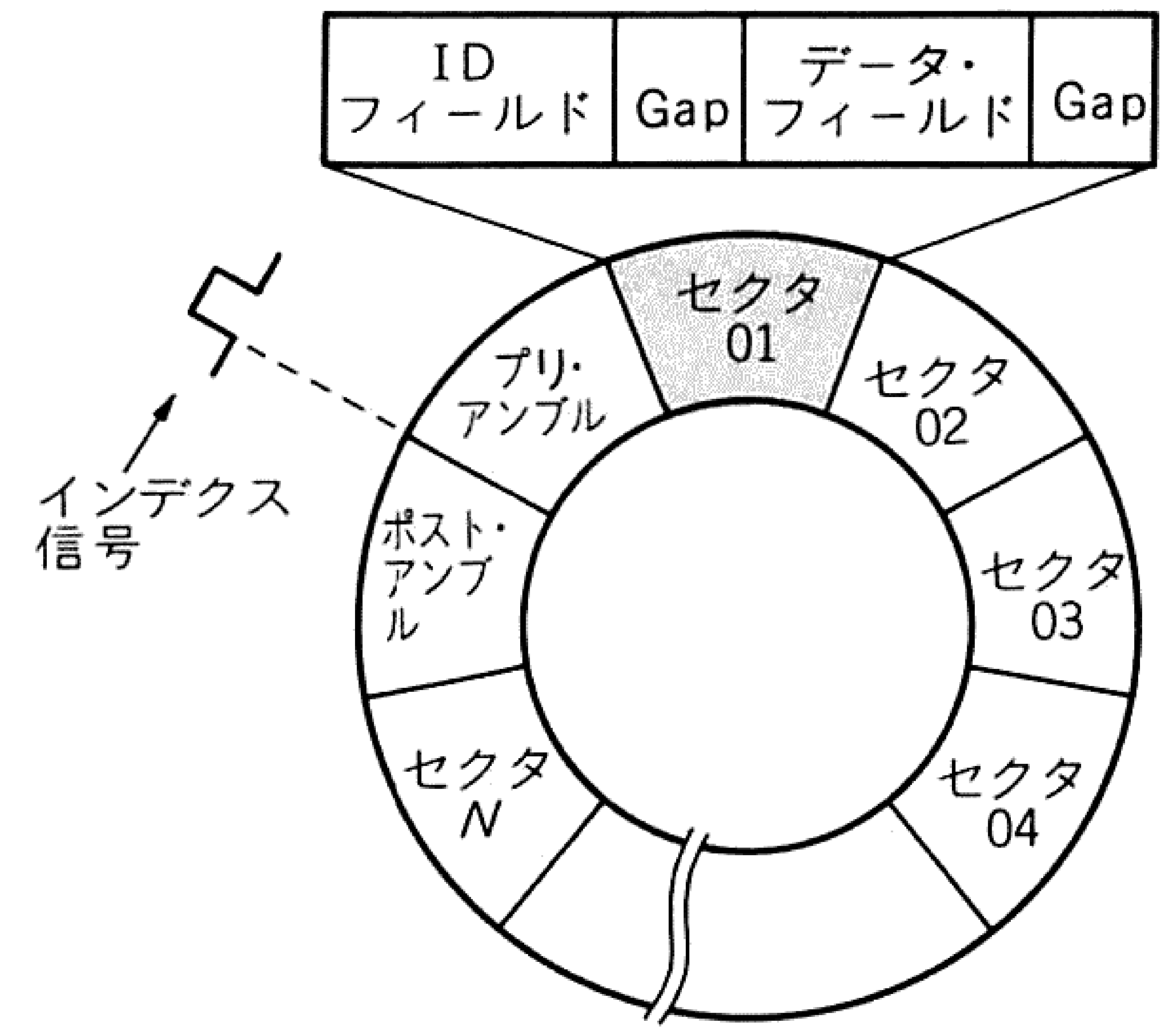
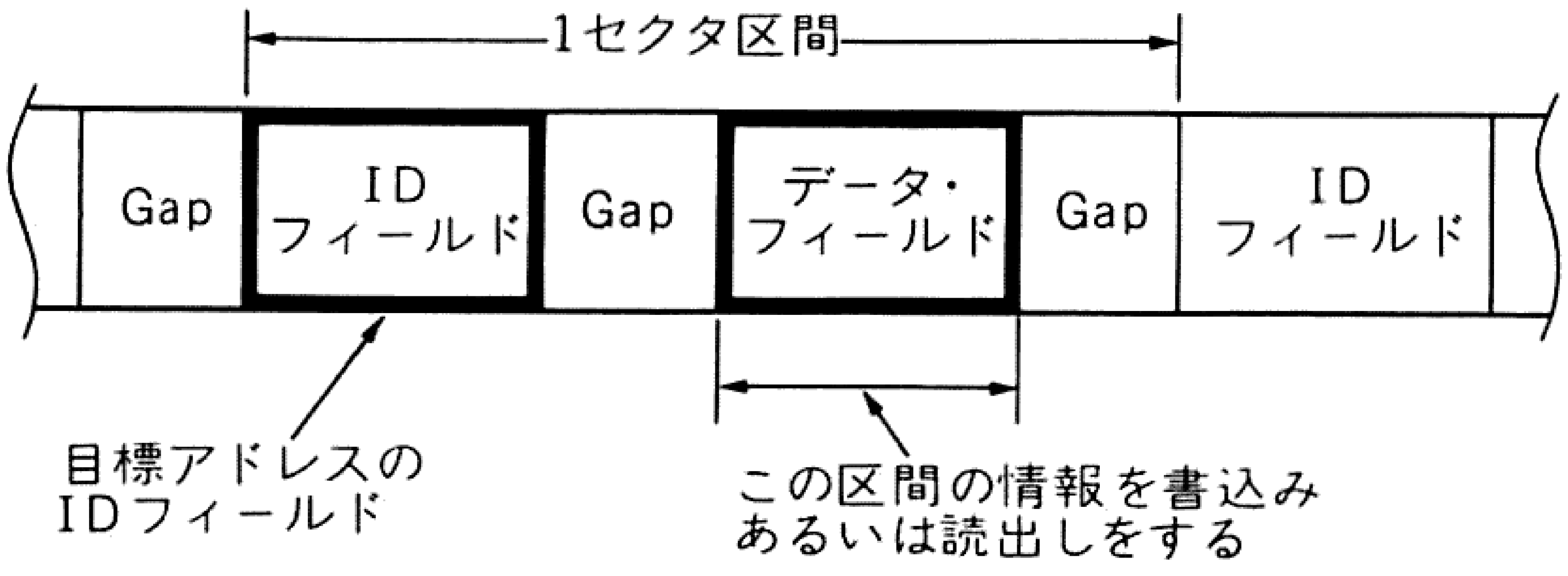


図 5.6　セクタ



デクス信号より早くなることがある．この時間差分だけフォーマットにスペースが必要となる．これがプリ・アンプルで，IBMフォーマットではこの中にソフト的なインデクス・マークを書き込む．

セクタには，ふつう**図 5.6** に示すように，セクタの開始とアドレスを示す情報を記録した**IDフィールド**とデータを記録する**データ・フィールド**がある．これらの前後には回転変動や機械的寸法誤差，イレーズ・ゲートの遅れやタイミング誤差からデータを保護するためギャップがおかれている．

ポスト・アンプル部は，トラック1周にプリ・アンプル，および複数個のセクタを順次配置した残りであり，イニシャライズ時のディスク回転変動分をガードする．このため，このバイト数は1周のデータ量の回転変動分より多くなければならない．

表 5.1 IBMディスクの種類[4)]

IBM 製品番号	2305830	2305845	1669954 (1669959)
バイト/セクタ	128	256	512
セクタ/トラック	26	15	8
トラック/シリンダ	1	1	1
シリンダ/ディスク	73	73	74
バイト/ディスク	242,944	280,320	303,104

(a) Diskette 1 (片面・単密度)

IBM 製品番号	1766870	2736700	N/A
バイト/セクタ	128	256	512
セクタ/トラック	26	15	8
トラック/シリンダ	2	2	2
シリンダ/ディスク	74	74	(74)
バイト/ディスク	492,544	568,320	(606,208)

N/A：Not Available (現在発売されていない)
(b) Diskette 2 (両面・単密度)

IBM 製品番号	1766872	1669044	1669045
バイト/セクタ	256	512	1,024
セクタ/トラック	26	15	8
トラック/シリンダ	2	2	2
シリンダ/ディスク	74	74	74
バイト/ディスク	985,088	1,136,640	1,212,416

(c) Diskette 2D (両面・倍密度)

5.2 IBMトラック・フォーマット

ディスク・フォーマットは，一部の特殊なものを除き，8インチはもちろん，その他のサイズのFDDでも一般的にIBMフォーマットを基本にしたものが使用されている．FDCも，VFO・LSIもIBMフォーマットを想定して設計されているため，これ以外のフォーマットでは使用しにくくなる．以下に，8インチFDD用IBMフォーマットについて説明する．その他のサイズのFDDでもセクタ数が変わる程度で，内容はほぼ同様と考えてよい．

現在，IBMが使用，販売しているディスクを**表 5.1** に示す．各メディア・メーカもこれと互換性のあるディスクを製造販売している．

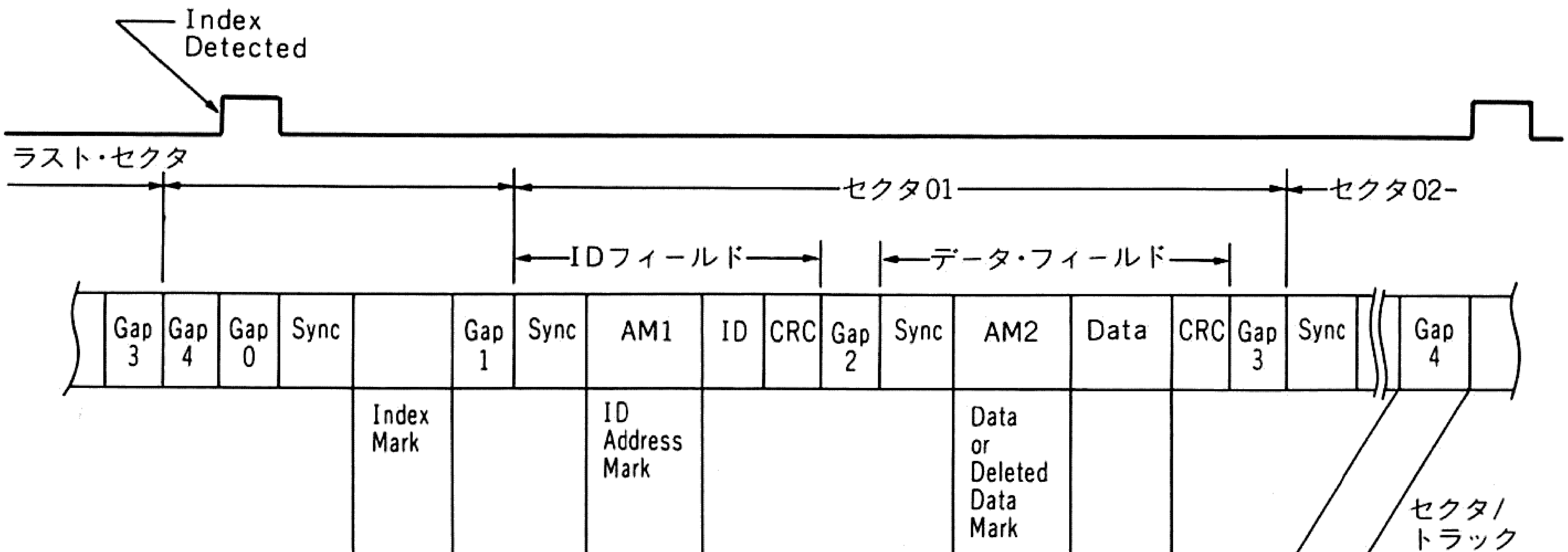
1トラック当たりのセクタ数は26，15，8と3種類が用意されており，1セクタ当たりのバイト数から最適なものを選ぶことができる．また1トラック当たりのセクタ数が少ないもののほうが，ギャップの占める割合が減少するため，ディスク当たりの容量は多くなる．

表 5.2 IBMディスクの記録フォーマット

ディスク	セクタ数	トラック 00 サイド0	トラック 00 サイド1	トラック 01~76 サイド0	トラック 01~76 サイド1
Diskette 1	26	FM, 26 セクタ		FM, 26 セクタ	
	15	〃		FM, 15 セクタ	
	8	〃		FM, 8 セクタ	
Diskette 2	26	〃	FM, 26 セクタ	FM, 26 セクタ	FM, 26 セクタ
	15	〃	〃	FM, 15 セクタ	FM, 15 セクタ
Diskette 2D	26	〃	MFM, 26 セクタ	MFM, 26 セクタ	MFM, 26 セクタ
	15	〃	〃	MFM, 15 セクタ	MFM, 15 セクタ
	8	〃	〃	MFM, 8 セクタ	MFM, 8 セクタ

注) トラック0, サイド0はすべて単密度26セクタに統一されている. FM: 単密度 MFM: 倍密度

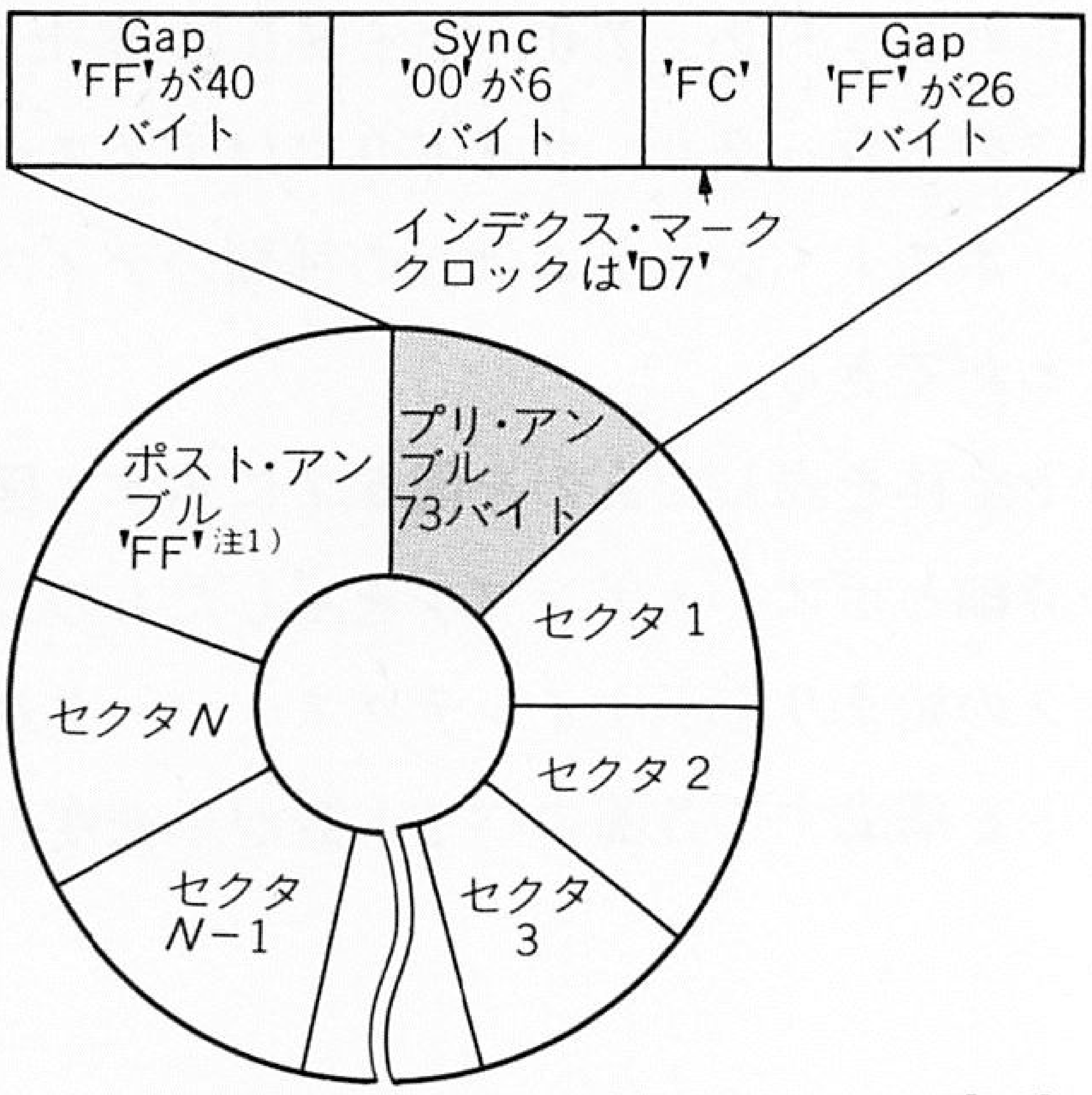
図 5.7 IBMトラック・フォーマット



		Gap 0	Sync	Index Mark		Gap 1	Sync	AM1		ID	CRC	Gap 2	Sync	AM2		Data	CRC	Gap 3	Gap 4	セクタ/トラック
単密度(FM)	バイト(10進)	40	6	1		26	6	1		4	2	11	6	1		128	2	27	247	26
																256		42	170	15
																512		58	311	8
	データ(16進)	FF	00	FC*		FF	00	FE*		*2	*3	FF	00	FB* または F8*		(Data)	*3	FF	FF	
倍密度(MFM)	バイト(10進)	80	12	3	1	50	12	3	1	4	2	22	12	3	1	256	2	54	598	26
																512		84	400	15
																1024		116	654	8
	データ(16進)	4E	00	C2*	FC	4E	00	A1*	FE	*2	*3	4E	00	A1	FB または F8	(Data)	*3	4E	4E	

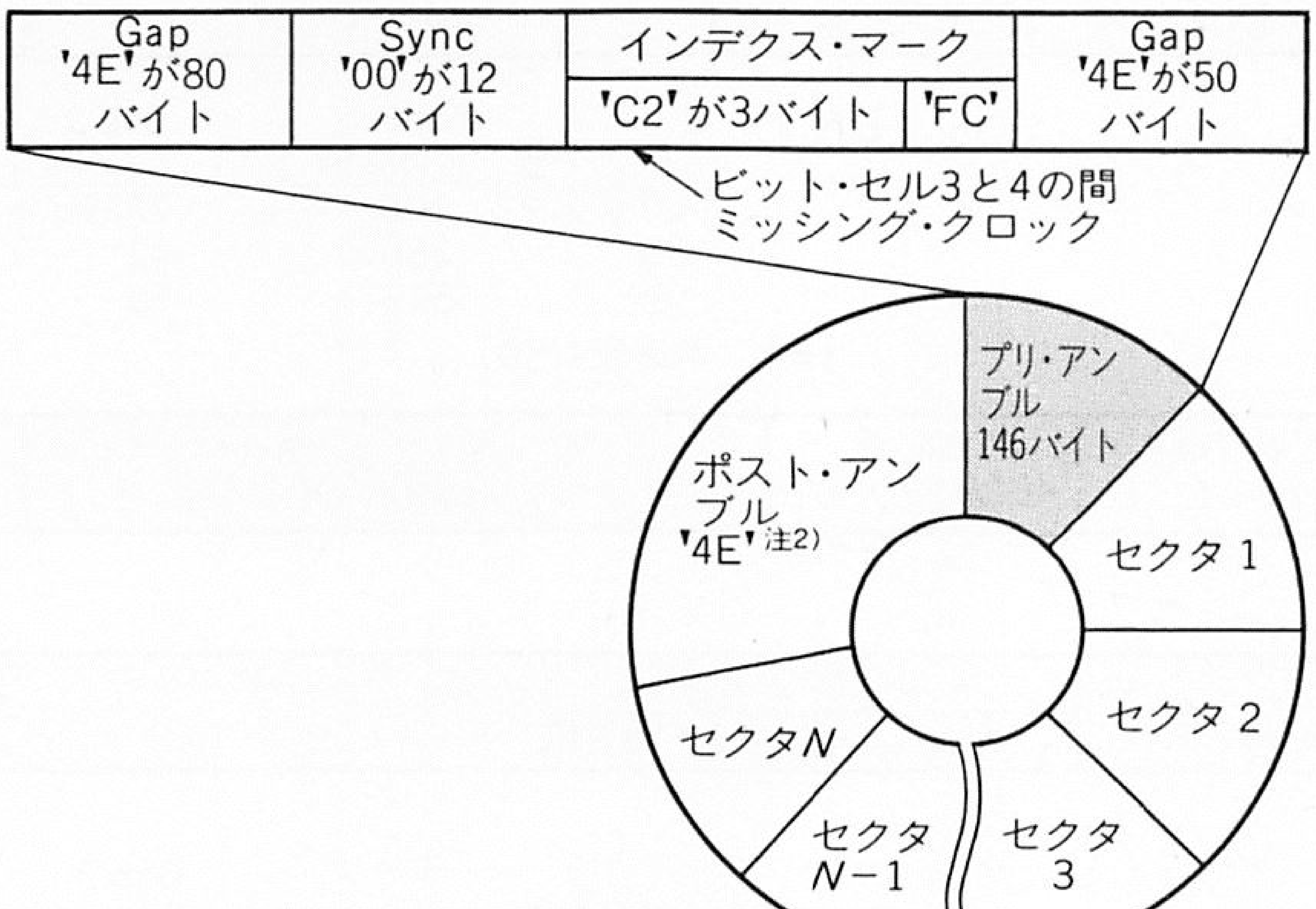
* このデータ・バイトはミッシング・クロックを含む
*2 IDフィールド
*3 CRCチェック・バイト 公式 $G(X)=1+X^5+X^{12}+X^{16}$

図5.8 プリ，ポスト・アンブル・フォーマット[1)]



注1） セクタ数N=26のときポスト・アンブル'FF'が247バイト
=15のときポスト・アンブル'FF'が170バイト
= 8のときポスト・アンブル'FF'が311バイト

（a） 単密度（FM）



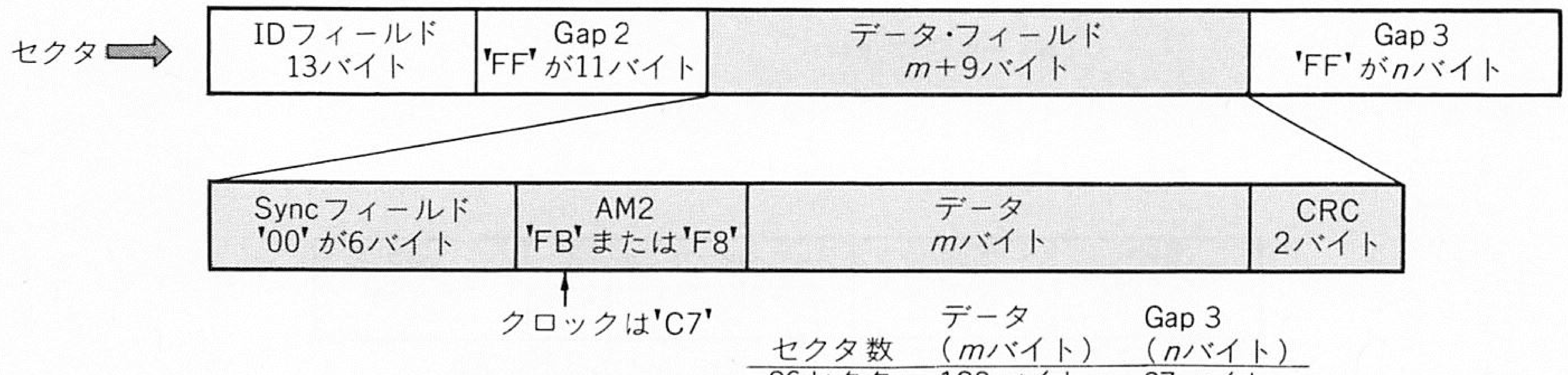
注2） セクタ数N=26のときポスト・アンブル'4E'が598バイト
=15のときポスト・アンブル'4E'が400バイト
= 8のときポスト・アンブル'4E'が654バイト

（b） 倍密度（MFM）

各IBMフォーマットにおける各トラック毎の記録方式，セクタ数を見ると**表5.2**のようになる．すべてのディスクにおいて，トラック0，サイド0は26セクタ型の単密度(FM)記録に統一されている．またこのトラック0，サイド0にはディスクを区別するためのいろいろな情報が書かれており，ホスト・システムはどの種類のディスクが挿入されてもトラブルなく情報を読み取ることができる．

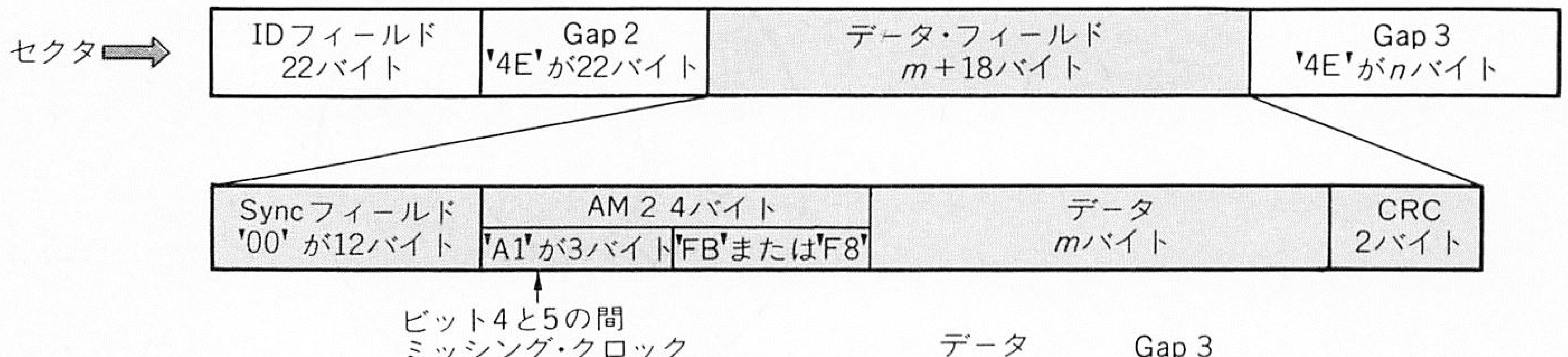
IBMトラック・フォーマット全体を表したものを**図5.7**に示す．**図5.8**はトラックの始まりにあるプリ・アンブルの詳細とポスト・アンブルを示したものである．プリ・アンブルの中にはソフト的にトラックの始まりを示すインデクス・マークが入っている．倍密度では，トラック・フォーマットを構成する各部のバイト数が単密度のほぼ2倍になってい

図5.9　セクタ・フォーマット[1)]



セクタ数	データ (mバイト)	Gap 3 (nバイト)
26セクタ	128バイト	27バイト
15	256	42
8	512	58

(a)　単密度(FM)



セクタ数	データ (mバイト)	Gap 3 (nバイト)
26セクタ	256バイト	54バイト
15	512	84
8	1024	116

(b)　倍密度(MFM)

る．ギャップ部は単密度が'FF'であるのに対し，倍密度では'4E'になっている(' 'で囲まれた値は16進数を示す)．

1セクタ内の詳細な構成を図**5.9**に，IDフィールドの内容を図**5.10**に示す．アドレス・マークはIDフィールドまたはデータ・フィールドの始まりを示すもので，ここは一般の書込み規則から外れたミッシング・クロックを含むデータを使用する．この詳細を図**5.11**に示す．

以上がIBMトラック・フォーマットについての説明であり，いわばハード的な書き方を示している．

図5.10 IDフィールド[1)]

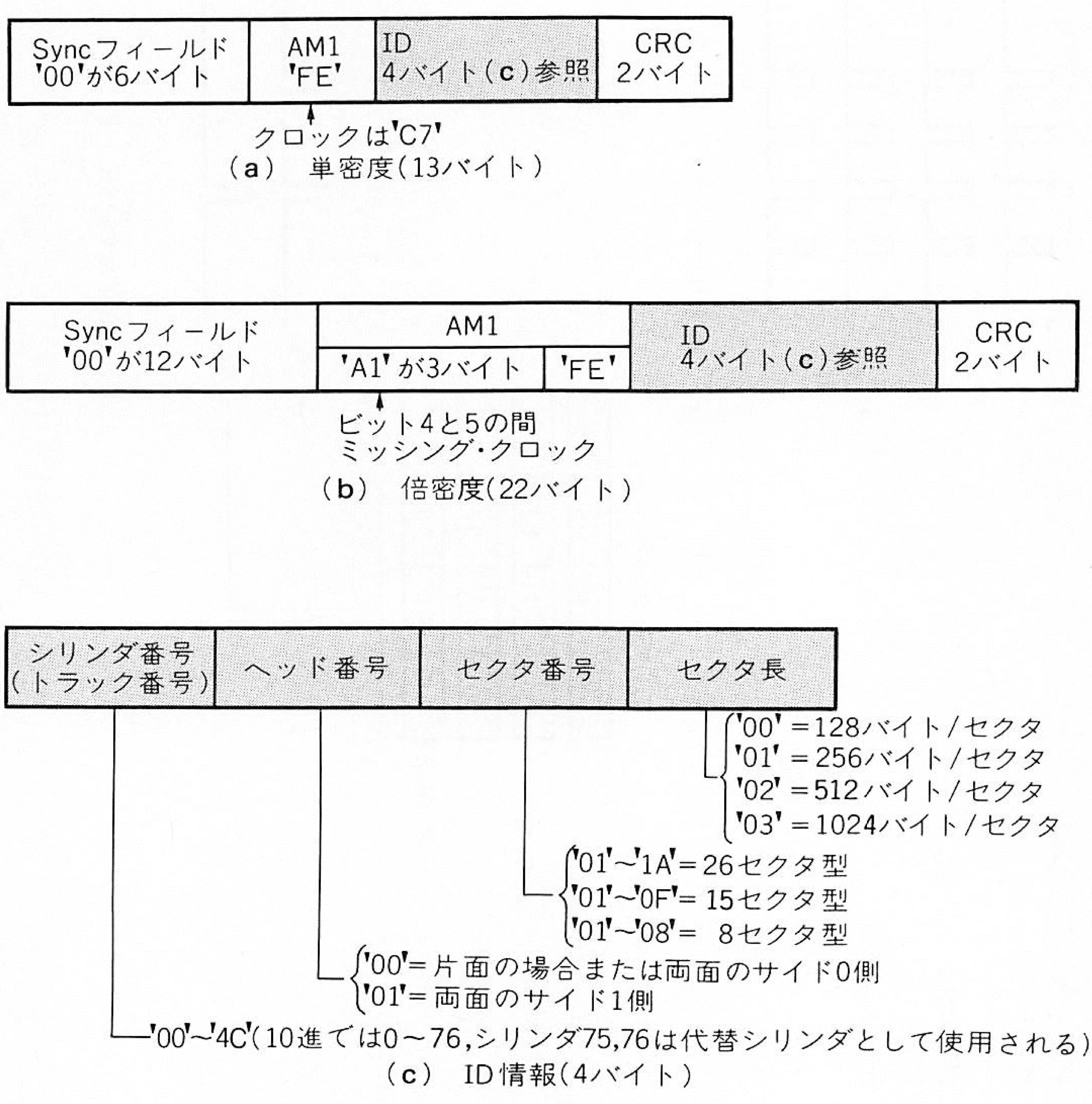
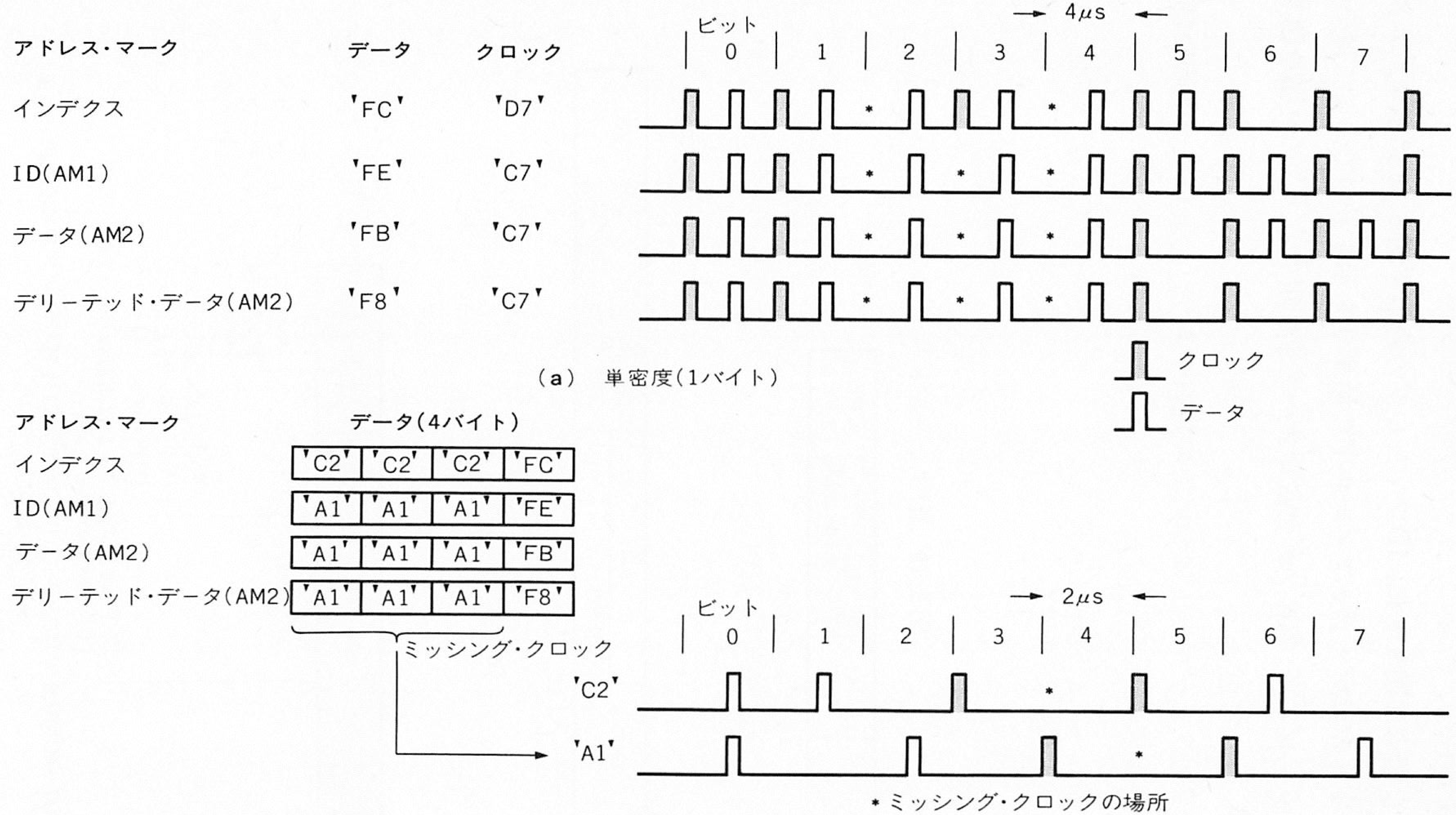


図 5.11　アドレス・マーク[1)]



（a）　単密度(1バイト)

（b）　倍密度(4バイト)

5.3 IBMフォーマットにおけるファイル管理

5.2 で説明したフォーマットの中にどのようにファイル(プログラムやデータ)を書き込み，管理するかについて簡単に説明する．

各ディスクについてのトラック，セクタの主な使用目的を**表 5.3** に示す．

表 5.3 トラック，セクタ使用目的[1)]

(a) 片面・単密度

トラック・アドレス	セクタ・アドレス	内容
0	5	エラー・マップ（欠陥トラックの指定）
	7	ボリューム・ラベル（ボリュームの指定）
	8 ～26	ディレクトリ（ファイルの識別と管理）
1 ～73	1～Smax	ファイル・データ用トラック
74	1～Smax	予備トラック
75，76	1～Smax	交替用トラック

Smax：最終セクタ（26，15，8）

(b) 両面（単密度および倍密度）

シリンダ・アドレス	サイド	セクタ・アドレス	内容
0	0	5	エラー・マップ（欠陥トラックの指定）
		7	ボリューム・ラベル（ボリュームの指定）
		8 ～26	ディレクトリ（ファイルの識別と管理）
	1	1 ～26	
1 ～74	0	1～Smax	ファイル・データ用トラック
	1	1～Smax	ファイル・データ用トラック
75，76	0	1～Smax	交替用トラック
	1	1～Smax	交替用トラック

Smax：最終セクタ（26，15，8）

トラック0は他のトラックと異なり，そのディスクのもつ属性およびデータ・ファイルの属性情報を記録する．このためインデクス・トラックと呼ばれる．

インデクス・トラック，サイド0のデータは各セクタ80バイトのみ使用され，残りの48バイトはすべて'00'または'40'で満される．

セクタ01～04および06はIBMシステムのIPL(Initial Program Loader)やIMPL(Initial Micro Program Loader)など，特別の目的に予約されており，通常は使用しない．最初の80バイトはすべて'40'で満される．

セクタ05はエラー・マップ，つまりディスクの不良トラック(シリンダ)を示す情報が記録される．ポジション(1セクタ内のバイトの番号)9が'00'のときはポジション7，8に1番目の不良トラック(シリンダ)番号が記録される．両面のとき，トラックはサイド0とサイド1でペアになっているため片面のみ不良でも，両サイドとも使用しない．ポジション13が'00'のときはポジション11，12に2番目の不良トラック(シリンダ)番号が記録される．その他のポジションは'40'で満される．不良トラックのないときはすべて'40'になる．これらのデータに使用されるコードはASCII(アスキー)コードとは異なりIBM特有のEBCDIC(エビスディイック)コードが使用される．

表5.4にボリューム・ラベル（シリンダ0，サイド0，セクタ7）の内容を示す．ポジション72はボリューム面標識とよばれ，ブランク，2，Mによって，Diskette 1，Diskette 2，Diskette 2Dのいずれかを示す．ホスト側ではこのキャラクタで，挿入されたディスクの種類を知ることができる．ポジション76は，シリンダ1～76の1セクタ当たりのレコード長を示すもので，ブランクが128バイト/セクタ，1が256バイト/セクタ，2が512バイト/セクタ，3が1024バイト/セクタを意味する．

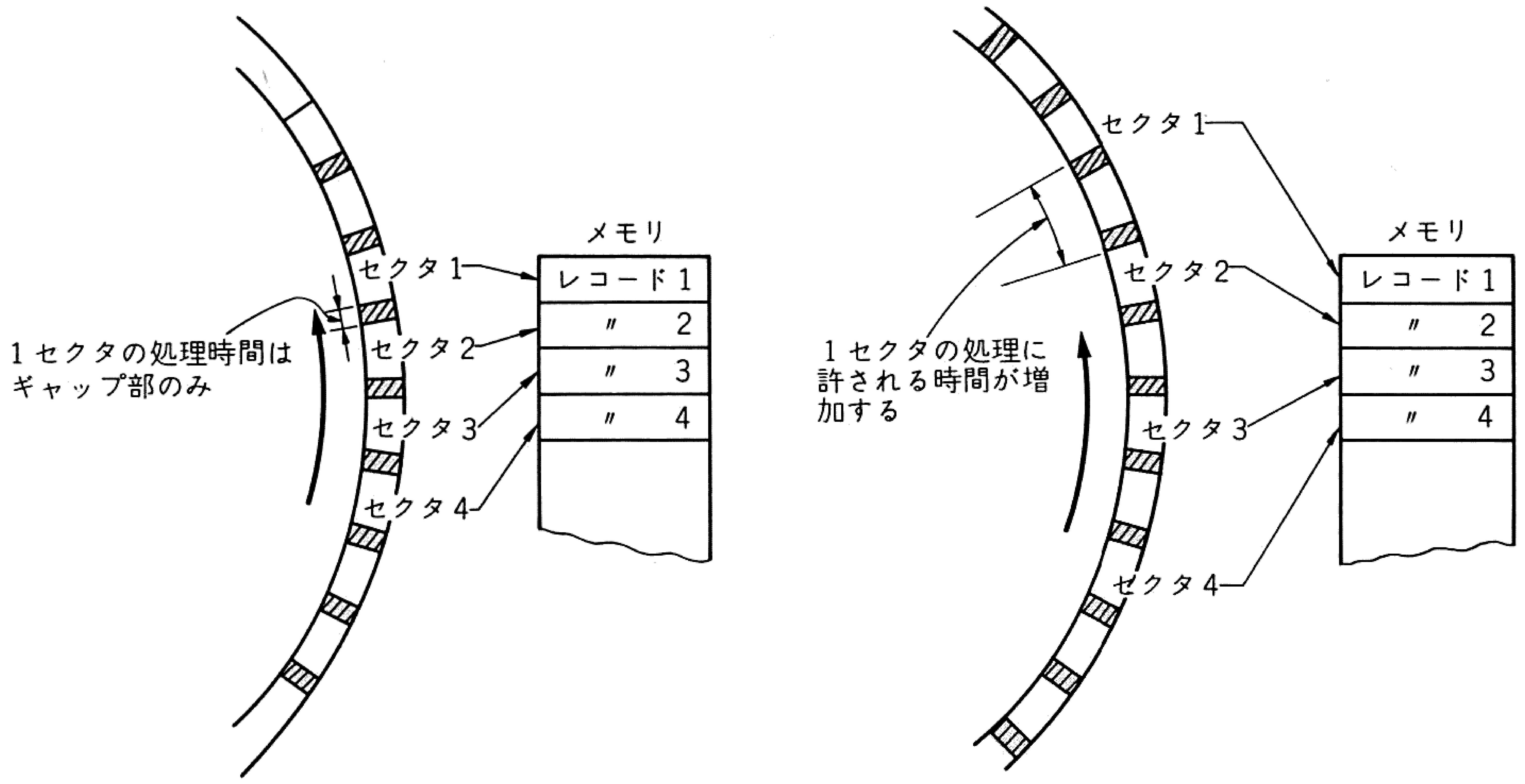
ポジション11はディスクの機密保護バイトとして使用される．ポジション77，78はセ

表5.4　ボリューム・ラベル

ディスク	セクタ数	レコード長(バイト)
Diskette 1	26 15 8	128 256 512
Diskette 2	26 15	128 256
Diskette 2D	26 15 8	256 512 1024

注1．データはすべてEBCDIC
2．␣はブランク='40'
3．' 'は16進値

図 5.12 セクタ・シーケンス使用例[4)]



（a）通常のフォーマッティングの場合

（b）一つとびのフォーマッティングの場合
（セクタ・シーケンス・コード＝13）

(シリンダ0，サイド0，セクタ7)の内容[1)]

ポジション 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10	11～71	72	73～75	76	77 78 79	80	81～128
VOL1	IBMIRD	すべて␣	␣	すべて␣	␣	␣␣␣	W	すべて'00'
〃	〃	〃	␣	〃	1	〃	〃	〃
〃	〃	〃	␣	〃	2	〃	〃	〃
〃	〃	〃	2	〃	␣	〃	〃	〃
〃	〃	〃	2	〃	1	〃	〃	〃
〃	〃	〃	M	〃	1	〃	〃	〃
〃	〃	〃	M	〃	2	〃	〃	〃
〃	〃	〃	M	〃	3	〃	〃	〃

77 78 79：セクタ・シーケンス

76：レコード長
␣：128 バイト
1：256
2：512
3：1024

72：ディスクの種類
␣：Diskette 1
2：Diskette 2
M：Diskette 2D

クタ・シーケンス・コードを示す．

セクタ・シーケンスとは，同時に複数セクタをアクセスするシステムにおいて，1セクタを書き込みまたは読み出し後，すぐつぎのセクタの処理を行いたいような場合，システムの処理時間の関係で時間的につぎのセクタに間に合わないことが発生する．このような場合，セクタ番号を連続的に配置せず，飛び飛びに配置することで，システムの処理時間に余裕をとる方法である．この例を図 **5.12** と表 **5.5** に示す．

セクタ8～26および両面ディスクでは，サイド1のセクタ1～26はディレクトリとして用いられる．ディレクトリにはファイル・データ用トラックに書かれた各ファイルに関する管理および識別用の情報を書き込む(図 **5.13** 参照)．各ディスクの管理できるファイル数

表 5.5　セクタ・シーケンス例

セクタ・シーケンス・コード	blank	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	3	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	2
	4	4	7	10	13	16	19	22	25	2	2	2	2	15
	5	5	9	13	17	21	25	2	2	11	12	13	14	3
	6	6	11	16	21	26	2	9	10	20	22	24	26	16
	7	7	13	19	25	2	8	16	18	3	3	3	3	4
	8	8	15	22	2	7	14	23	26	12	13	14	15	17
	9	9	17	25	6	12	20	3	3	21	23	25	4	5
	10	10	19	2	10	17	26	10	11	4	4	4	16	18
	11	11	21	5	14	22	3	17	19	13	14	15	5	6
	12	12	23	8	18	3	9	24	4	22	24	26	17	19
セクタ・シーケンス	13	13	25	11	22	8	15	4	12	5	5	5	6	7
	14	14	2	14	26	13	21	11	20	14	15	16	18	20
	15	15	4	17	3	18	4	18	5	23	25	6	7	8
	16	16	6	20	7	23	10	25	13	6	6	17	19	21
	17	17	8	23	11	4	16	5	21	15	16	7	8	9
	18	18	10	26	15	9	22	12	6	24	26	18	20	22
	19	19	12	3	19	14	5	19	14	7	7	8	9	10
	20	20	14	6	23	19	11	26	22	16	17	19	21	23
	21	21	16	9	4	24	17	6	7	25	8	9	10	11
	22	22	18	12	8	5	23	13	15	8	18	20	22	24
	23	23	20	15	12	10	6	20	23	17	9	10	11	12
	24	24	22	18	16	15	12	7	8	26	19	21	23	25
	25	25	24	21	20	20	18	14	16	9	10	11	12	13
	26	26	26	24	24	25	24	21	24	18	20	22	24	26

はディスクの種類により異なり，つぎのようになる．

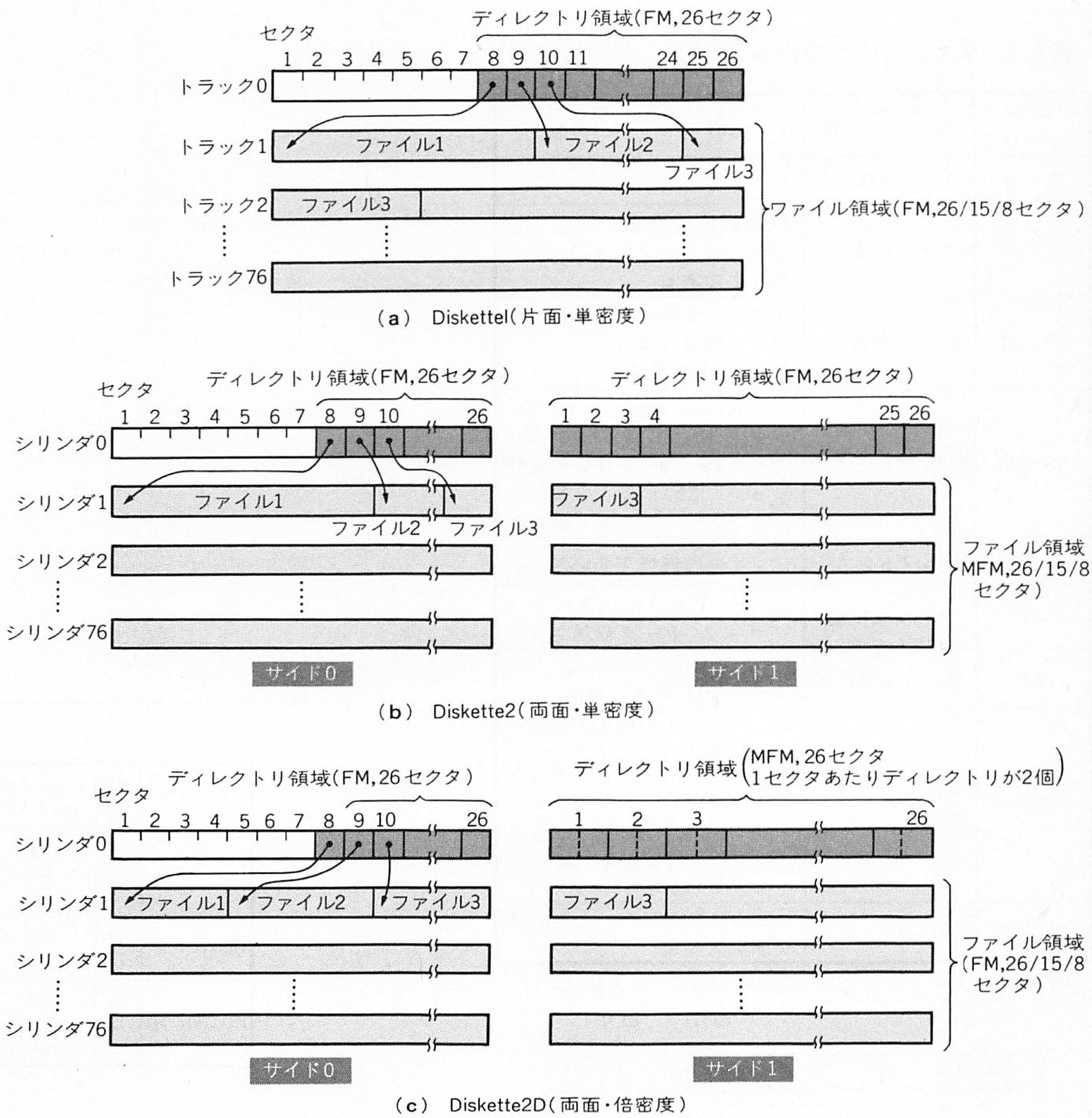
Diskette 1　19 個

Diskette 2　45 個

Diskette 2D　71 個

倍密度記録では1セクタ256バイトを半分に分け，一つのセクタに二つのディレクトリ

図 5.13　ファイルとディレクトリ[1]



を記入する．

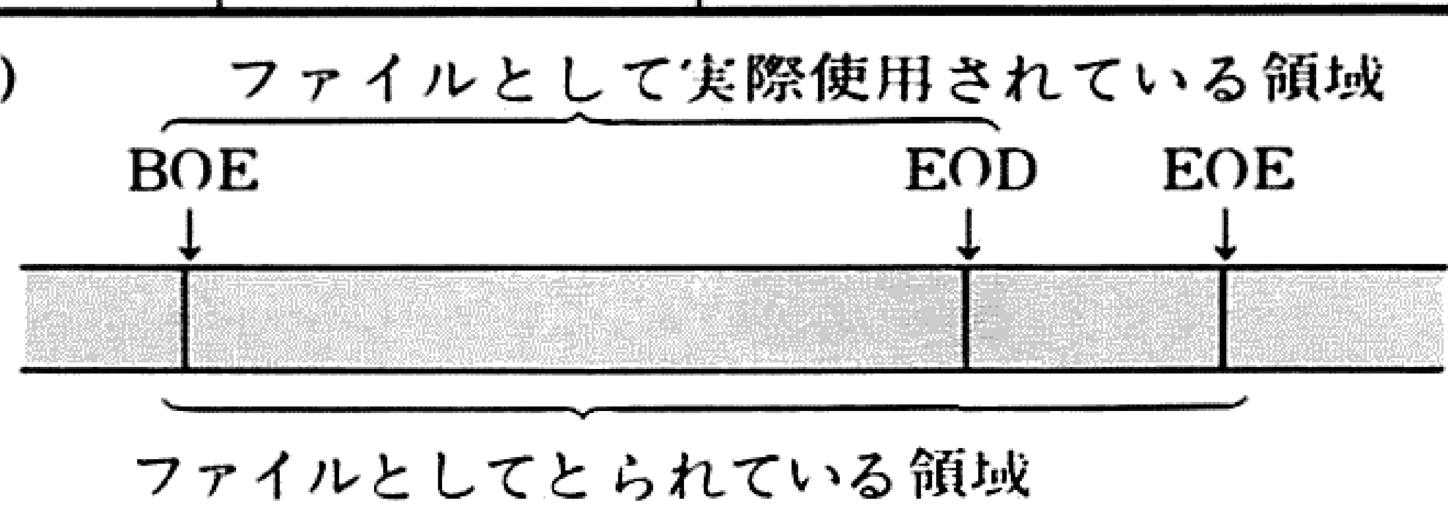
なお，IBMの説明書では，ファイルをデータ・セット，ディレクトリをデータ・セット・ラベルとよぶ．

表5.6にディレクトリの内容を，**表5.7**にディレクトリの中のサイド0，セクタ8の初期設定値を示す．

表5.6　ディレクトリの内容(単密度，倍密度共通)[1)]

カラム・ポジション	名　称	内　容
1～4	ラベルID	ラベル名
6～22	ファイル名	17桁以内の文字 最初のキャラクタはアルファベットである
23～27	レコード長	1ブロックあたりの最大キャラクタ数を示す． 1～32767の数値
29～33	BOEアドレス(注)	ファイルの先頭セクタ・アドレスを示す ポジション 29～30：シリンダ番号 31：ヘッド番号 32～33：セクタ番号
35～39	EOEアドレス(注)	ファイルの最終アドレス
41	バイパス標識	B：データ転送されない ブランク：データ転送される
43	書込み保護標識	P：読出しのみ ブランク：書込み可能
45	複数ボリューム標識	C：ファイルが他のディスクに続くことを示す． L：最終ディスクであることを示す． ブランク：ファイルのすべてがこのディスクに含まれていることを示す．
75～79	EODアドレス(注)	エントリされたデータの最終アドレス＋1

注)



ディスク	セクタ数	レコード長(バイト)
Diskette	26 15 8	128 256 512
Diskette 2	26 15	128 256
Diskette 2D	26 15 8	256 512 1024

5.4　5¼インチ・トラック・フォーマット

5¼インチFDDは，8インチFDDと比較してデータ転送レートつまりディスクへの書込み速度が半分になり，ディスクの回転数が20％遅くなっている．

IBMフォーマットを，この条件でインデクス信号からならべ直したものが**図5.14**に示す5¼インチFDDフォーマットである．1トラックにおけるセクタ数は，1セクタのデータ容量により16，9，5セクタになる．

このIBMタイプの5¼インチ・フォーマットには，一つ問題がある．それは，Gap 4のバイト数が充分とれないことである．Gap 4の目的は，おもにイニシャライズ(フォーマッティング)時の回転速度変動のバッファであるが，**図5.14**のフォーマットでは，とくにFMフォーマットの5セクタ・タイプではトラックの総記録容量に対するGap 4の割合は1.2％しかない．これに対し，通常のFDDは最大2～2.5％の速度変動をもっている．このため，このフォーマットを使用するには，イニシャライズを行うFDDを専用とし，回転変動を小さくおさえた特別のものを用意する必要がある．つまり一般市場の普通のFDDではエラーが発生する可能性があるわけである．

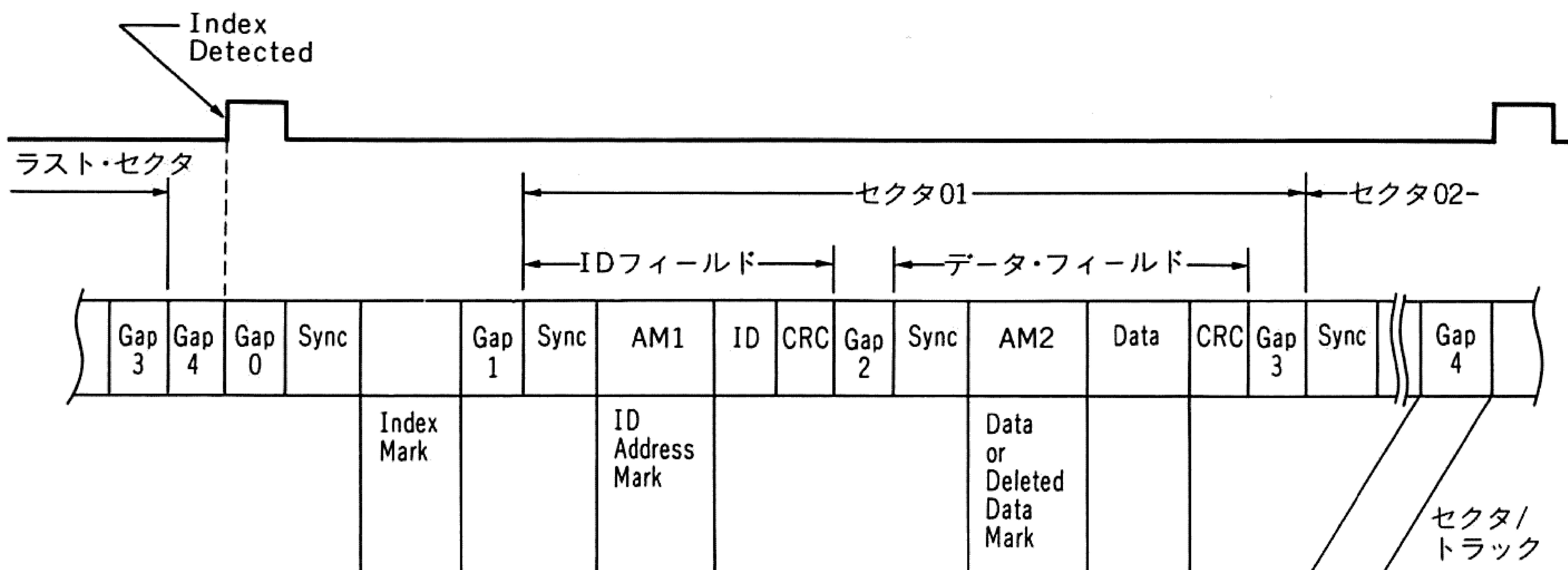
これに対し**図5.15**に示すISO規格に準拠したフォーマットがある．ISO規格ではセクタ内のバイト数配列はIBMタイプと同じになっているが，プリ・アンブルとポスト・アンブルの容量配分は自由になっている．とくにIBMタイプのフォーマットにあるプリ・アンブ

表5.7　ディレクトリのうちサイド0，セクタ8の初期設定値[1)]

ポジション 1 2 3 4 5 6 7 8 9	10～22	23 24 25 26 27	28	29 30 31 32 33	34	35 36 37 38 39	40～43	44	45～74	75 76 77 78 79 80	81～128
HDR1␣DATA	すべて␣	␣␣080	␣	01001	␣	73026	すべて␣	␣	すべて␣	01001␣	すべて▼00▼
〃	〃	00256	〃	〃	1	74015	〃	E	〃	〃	〃
〃	〃	00512	〃	〃	2	74008	〃	E	〃	〃	〃
〃	〃	00128	〃	〃	␣	74126	〃	E	〃	〃	〃
〃	〃	00256	〃	〃	1	74115	〃	E	〃	〃	〃
〃	〃	␣␣256	〃	〃	1	74126	〃	H	〃	〃	すべて␣
〃	〃	␣␣512	〃	〃	2	74115	〃	E	〃	〃	〃
〃	〃	␣1024	〃	〃	3	74108	〃	E	〃	〃	〃

ラベルID（1～4）　ファイル名（5～22）　レコード長（23～27）　BOEアドレス（29～33）　EOEアドレス（35～39）　EODアドレス（75～80）

図 5.14　IBMタイプ5 ¼インチ・フォーマット



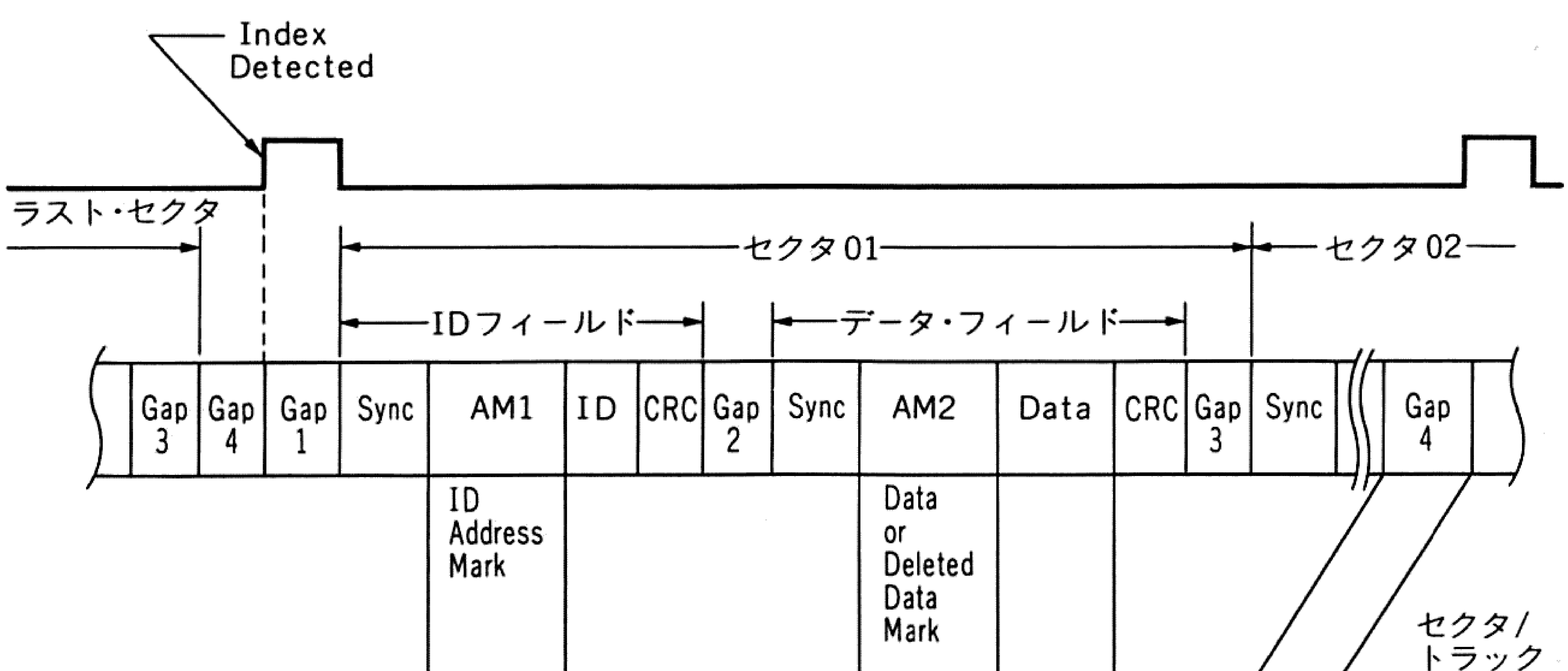
		Gap 0	Sync	Index Mark	Gap 1	Sync	AM1	ID	CRC	Gap 2	Sync	AM2	Data	CRC	Gap 3	Sync	セクタ/トラック
単密度(FM)	バイト(10進)	40	6	1	26	6	1	4	2	11	6	1	128	2	27	44	16
													256		42	73	9
													512		58	37	5
	データ(16進)	FF	00	FC*	FF	00	FE*	*2	*3	FF	00	FB* または F8*	(Data)	*3	FF	FF	
倍密度(MFM)	バイト(10進)	80	12	3 / 1	50	12	3 / 1	4	2	22	12	3 / 1	256	2	54	152	16
													512		84	132	9
													1024		116	94	5
	データ(16進)	4E	00	C2* / FC	4E	00	A1* / FE	*2	*3	4E	00	A1 / FB または F8	(Data)	*3	4E	4E	

*　このデータ・バイトはミッシング・クロックを含む
*2　IDフィールド
*3　CRCチェック・バイト　公式 $G(X)=1+X^{5}+X^{12}+X^{16}$

ル内のインデクス・マークの規定がないため，その分，セクタをトラックの前にずらすことができ，ポスト・アンブルに余裕がとれる．これにより最低でも1トラックの容量の約3％分のGap 4が確保でき，一般仕様のFDDでもイニシャライズが可能になる．

高密度5 ¼ディスクは基本的に8インチ・ディスクと同じフォーマットを使用する．この規格は現在JIS/ISOに提案中であるが，その規格案に盛り込まれているのは図 **5.8** に示

図5.15 ISOタイプ5¼インチ・フォーマット



		Gap 1	Sync	AM1		ID	CRC	Gap 2	Sync	AM2		Data	CRC	Gap 3	Sync	セクタ/トラック
単密度(FM)	バイト(10進)	16	6	1		4	2	11	6	1		128	2	27	101	16
												256		42	130	9
												512		58	94	5
	データ(16進)	FF	00	FE*		*2	*3	FF	00	FB* または F8*		(Data)	*3	FF	FF	
倍密度(MFM)	バイト(10進)	32	12	3	1	4	2	22	12	3	1	256	2	54	266	16
												512		84	296	9
												1024		116	208	5
	データ(16進)	4E	00	A1*	FE	*2	*3	4E	00	A1	FB または F8	(Data)	*3	4E	4E	

* このデータ・バイトはミッシング・クロックを含む
*2 IDフィールド
*3 CRCチェック・バイト　公式 $G(X)=1+X^5+X^{12}+X^{16}$

した8インチ用トラック・フォーマットと同じいわばハード的なフォーマットのみであり，ファイル構成などのソフト的な使い方については何も規定がない．本当の意味のディスク互換性を考えるならば，これもIBM方式にあわせておくほうがよい．

表5.8 にこれらのフォーマットにおけるセクタ容量対総記録容量表を示す．

表5.8 セクタ容量対総記録容量(倍密度のみ)

種類(代表例)	シリンダ数	トラック数	セクタ/トラック	バイト/セクタ	総記録容量(Kバイト)
8インチIBMフォーマット注)	77	154	26	256	985
			15	512	1137
			8	1024	1212
5¼インチ48 TPI (YD-274)	40	80	16	256	328
			9	512	369
			5	1024	410
5¼インチ96 TPI (YD-280)	80	160	16	256	655
			9	512	737
			5	1024	819
高密度5¼インチ(YD-380T)	77	154	26	256	1025
			15	512	1183
			8	1024	1262

注) 8インチはIBMフォーマット時のデータ容量

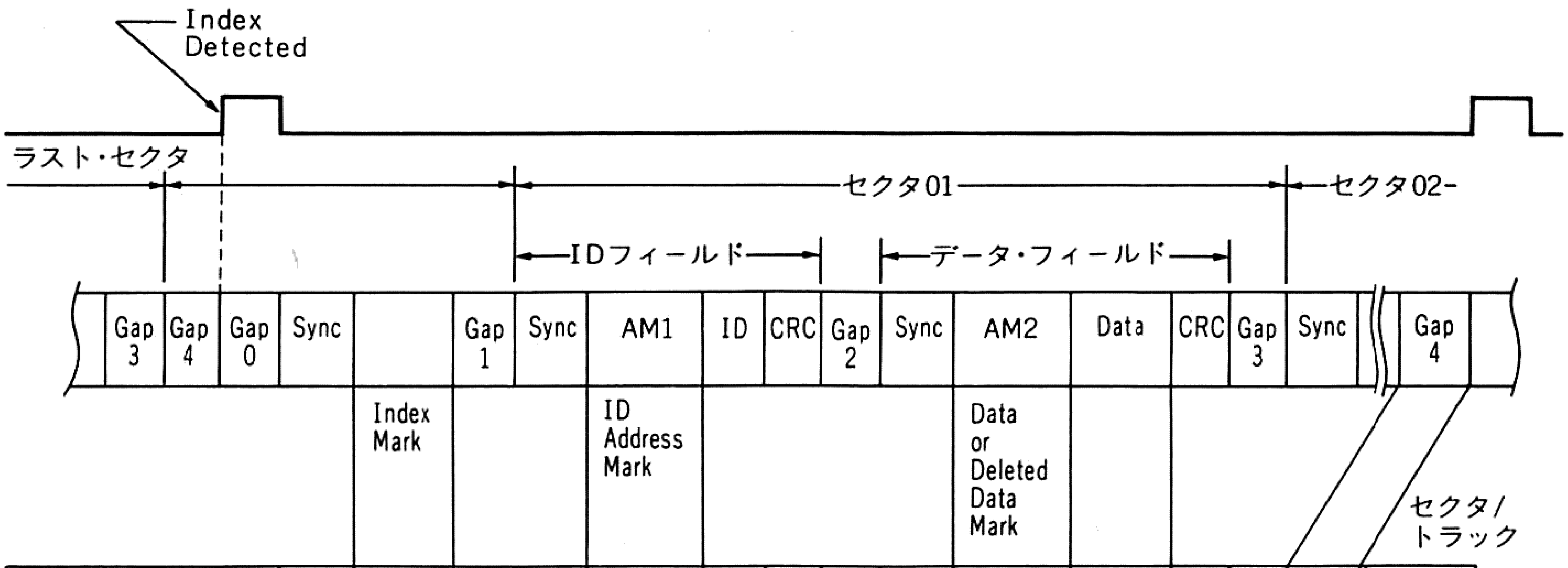
5.5 マイクロ・ディスク・トラック・フォーマット

マイクロ・ディスク4規格のうち，3インチおよび3¼インチはもともと5¼インチとのソフト上の完全互換性を考慮して設計されたものであり，フォーマット上の問題は5¼インチ・ディスクと同じと考えてよい．

3.5インチ・ディスクは回転速度が600 rpmと，300 rpmの2種類がある．しかし，データの書込み速度は，回転速度に合わせ，倍半分(2倍または半分)となっているため，ディスク上に記録されるフォーマットは同じになる．600 rpmおよび300 rpmのFDD本体には互換性はないが，これらで記録されたディスクはどちらのFDDでも問題なく使用できる．

また，フォーマットに関して，ソニーは回転変動に対するポスト・アンブル(Gap 4)の問題から，IBMタイプでは図**5.16**に示す容量の少ないものを提案している．ISOタイプは図**5.15**と同じものが使用できる．

図 5.16　ソニー推奨IBMタイプ・フォーマット[27)]



		Gap 0	Sync	Index Mark	Gap 1	Sync	AM1	ID	CRC	Gap 2	Sync	AM2	Data	CRC	Gap 3	Sync	セクタ/トラック
単密度(FM)	バイト(10進)	40	6	1	26	6	1	4	2	11	6	1	128	2	27	232	15
													256		42	73	9
													512		58	640	4
	データ(16進)	FF	00	FC*	FF	00	FE*	*2	*3	FF	00	FB* または F8*	(Data)	*3	FF	FF	
倍密度(MFM)	バイト(10進)	80	12	3 1	50	12	3 1	4	2	22	12	3 1	256	2	54	524	15
													512		84	182	9
													1024		116	1296	4
	データ(16進)	4E	00	C2* FC	4E	00	A1* FE	*2	*3	4E	00	A1 FB または F8	(Data)	*3	4E	4E	

*　このデータ・バイトはミッシング・クロックを含む
*2　IDフィールド
*3　CRCチェック・バイト　公式 $G(X)=1+X^5+X^{12}+X^{16}$

IBMの4インチFDDで使用するディスク・フォーマットは従来型とは大きく変わっている．その要点は，つぎの四つである．

(1) 1枚の片面ディスクに46本のトラックをもつ．

(2) データ転送レート330 kHzのFM記録方式を使用している．

(3) トラック毎にディスクの回転速度が変化し，線記録密度を一定にしている．また，このためトラック毎に記録容量が変化する．フォーマット時には，トラックごとのセクタ数は表**5.10**のようになる．

(4) ディスクにインデクス・ホールがないため，トラック・フォーマットの書きはじめタイミングは自由となる．

表5.9 IBM 4インチ・ディスク・フォーマットにおけるセクタ毎のバイト数[17)]

1セクタのデータ容量	1セクタの総バイト数	G_3のバイト数
256バイト	353バイト	42バイト
512バイト	635バイト	68バイト

表5.10 IBM 4インチ・ディスクのセクタ数，回転数[17)]

トラック	セクタ数		回転数 rpm	トラック	セクタ数		回転数 rpm
	256バイト	512バイト			256バイト	512バイト	
0	16	9	415	25	21	11	313
1	16	9	412	26	21	12	310
2	16	9	405	27	21	12	307
3	16	9	400	28	22	12	304
4	17	9	395	29	22	12	301
5	17	9	390	30	22	12	299
6	17	9	385	31	22	12	296
7	17	9	381	32	22	12	293
8	17	9	376	33	23	12	290
9	18	10	372	34	23	13	288
10	18	10	367	35	23	13	285
11	18	10	363	36	23	13	283
12	18	10	359	37	24	13	280
13	18	10	355	38	24	13	278
14	19	10	351	39	24	13	275
15	19	10	347	40	24	13	273
16	19	10	344	41	24	13	271
17	19	11	340	42	25	13	268
18	20	11	336	43	25	14	266
19	20	11	333	44	25	14	264
20	20	11	329	45	25	14	262
21	20	11	326				
22	20	11	323				
23	21	11	320				
24	21	11	316				

この4インチ・ディスク用としてIBMが発表しているトラック・フォーマットは，**図5.17**に示すように各セクタはDID(Diskette ID)，LID(Logical ID)，データおよび，これらの間に入るギャップ(G_1～G_3)により構成される．

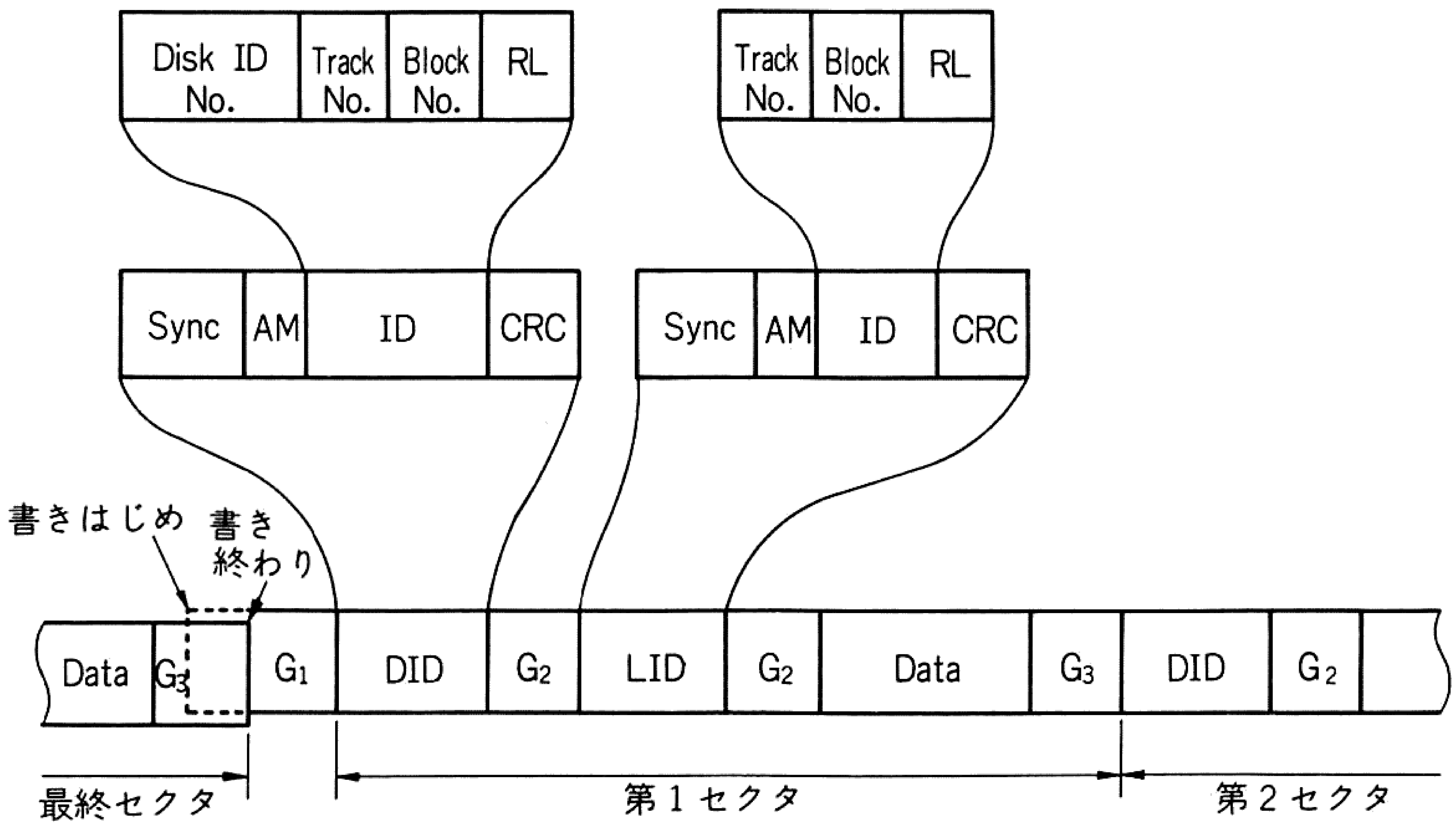
G_1は従来型のフォーマットにおけるプリ・アンブル，ポスト・アンブルに相当するもので，イニシャライズ時の回転変動のバッファとなる．インデクス信号がないため，最初に書き込んだG_1に最終セクタのG_3を重ね書きする．トラック毎にG_1のバイト数は変化する．

DIDはDiskette IDの略でこの中にはSync，アドレス・マーク，ディスケットID番号，トラック番号，ブロック(セクタ)番号，データ・フィールドのデータ長を示すRL(Record Length)，そしてチェック用のCRCが入る．

LIDはLogical IDの略でディスケットID番号以外はDIDと同じものが記録される．**表5.9**に1セクタに必要なバイト数を示す．トラック番号は従来型と逆になり最内周が0，最外周が45となる．**表5.10**にトラックにおける中心回転数とセクタ数を示す．

前にも述べたように，このフォーマットは従来型に対し非常に特殊なため，一般のFDCではコントロールできない．IBMは専用のFDCとしてアダプタ・モジュールと呼ぶ専用のLSIを用意している．

図5.17 IBM 4インチ・ディスク・フォーマット



第6章

倍密度化技術

6.1 MFM記録方式

FDDの記録方式としては，FM，MFMのほかに，M²FM，GCRなどがあるが，ここでは，おもに現在標準となっているMFM記録方式について説明する．とくに注記のないものは，8インチFDDのタイミングであり，5¼インチFDDのタイミングではこの倍の時間と

表6.1 FM，MFM変調の原理と比較

方式	変調の原理	ビット・セル	データ転送速度	パルス間隔	記録周波数	データ・ウィンドウ幅
FM	○ビット・セルの中央にデータ・ビットを書く ○ビット・セルの先頭にクロック・ビットを書く	4μs	250k ビット/s	2μs 4μs	250kHz 125kHz	2μs
MFM	○ビット・セルの中央にデータ・ビットを書く ○前のビット・セルにも今のビット・セルにもデータがないとき，今のビット・セルの先頭にクロック・ビットを書く	2μs	500k ビット/s	2μs 3μs 4μs	250kHz 166.7kHz 125kHz	1μs

(a) 8インチ・ディスクの場合

方式	変調の原理	ビット・セル	データ転送速度	パルス間隔	記録周波数	データ・ウィンドウ幅
FM	同上	8μs	125k ビット/s	4μs 8μs	125kHz 62.5kHz	4μs
MFM	同上	4μs	250k ビット/s	4μs 6μs 8μs	125kHz 83.3kHz 62.5kHz	2μs

(b) 5¼インチ・ディスクの場合

なる.

表 6.1 にFM記録方式とMFM記録方式の比較表を示す. また**図 6.1** に, 1バイトのデータ'A 1'をFMおよびMFM変調したビット列を示す.

これらからわかるように, 両者の違いはクロック・ビットの書き方にあり, FM記録では毎ビット・セルごとにクロックを書くのに対し, MFM記録では, 前後にデータがないときのみクロックを書くため, ビット・セルの時間を1/2として, 記録密度を2倍にしてもメディアから見たデータの書込み周波数帯域は同じとなり, 倍密度記録が実現できる.

表 6.1 に示したように, MFM記録方式はFM記録方式に比較して, ①データ・ウィンドウ幅が1/2と狭くなり, ②データ転送速度が2倍と速くなる.

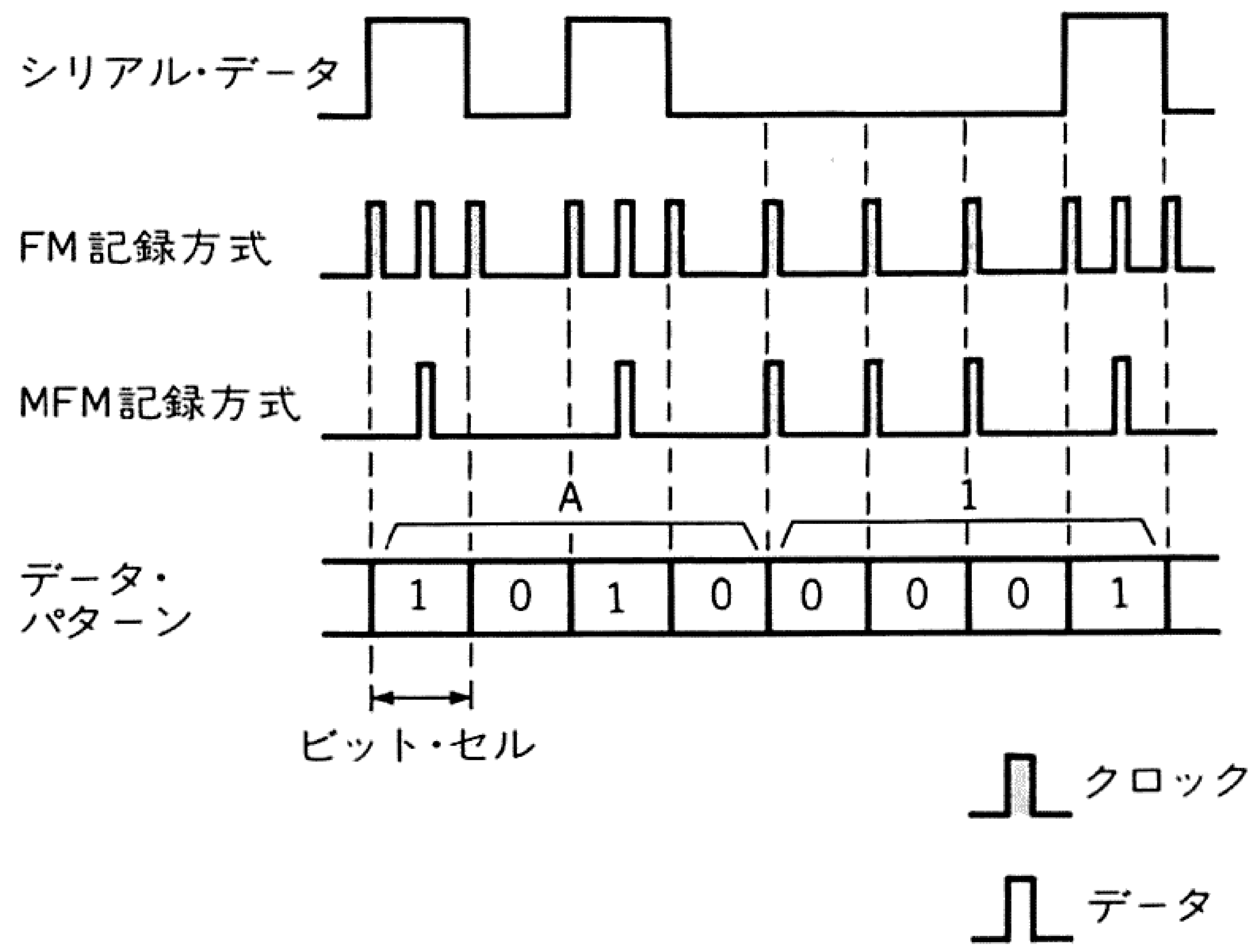
FDDから読み出されたデータ・パルス列は**図 6.2** のようにデータ・ウィンドウによってデータとクロックが分離され, データが使用できるようになる.

このデータ・ウィンドウを発生する回路がデータ・セパレート回路で, MFM記録方式にはPLL回路を使用したVFOデータ・セパレート回路がよく使用される.

6.2 読出しフィルタ切替え

ディスク上に1パルスだけ書き込んだときの出力波形を見ると**図 6.3** (a)のような独立波形になる. 2 μs間隔で2パルス書き込むと, 同図(b)のように, たがいの独立波形が干渉し, 合成波形ではピークの部分が書き込まれた位置に対し, ずれを生じる. これをピーク・

図 6.1 FM記録方式とMFM記録のビット・パターン('A 1'の場合)



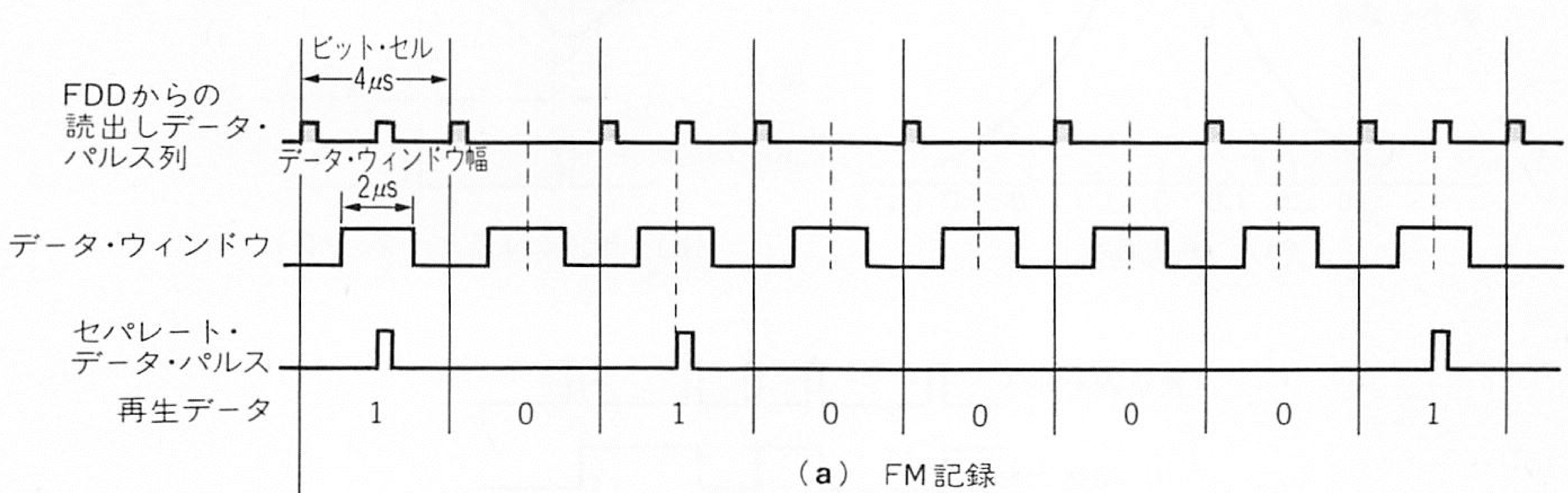
シフトという．8インチFDDで使用しているパルス間隔は，2 μs，3 μs，4 μsで成り立っているため，同図(c)のように2 μs間隔のパルス群の前後に4 μs離れてパルスがきたとき，ピーク・シフトが最大になる．リード・データをクロックとデータに分離するデータ・ウィンドウはこのピーク・シフトに対し充分な余裕が必要となる．

FM，MFMいずれにかかわらず，同一のディスクで，同一のFDD(ヘッドおよびアンプ)を使用すれば，このピーク・シフト量は同一になり，データ・ウィンドウ幅の少ない(FMに対し1/2)MFM記録では，読取りマージン(タイム・マージン)が少なくなる．このため，ピーク・シフトが少なくなるように(各単独波の干渉が少なくなるように)，ヘッドを含む読出し系を設計する必要が出てくる．これを分解能を高めるという．

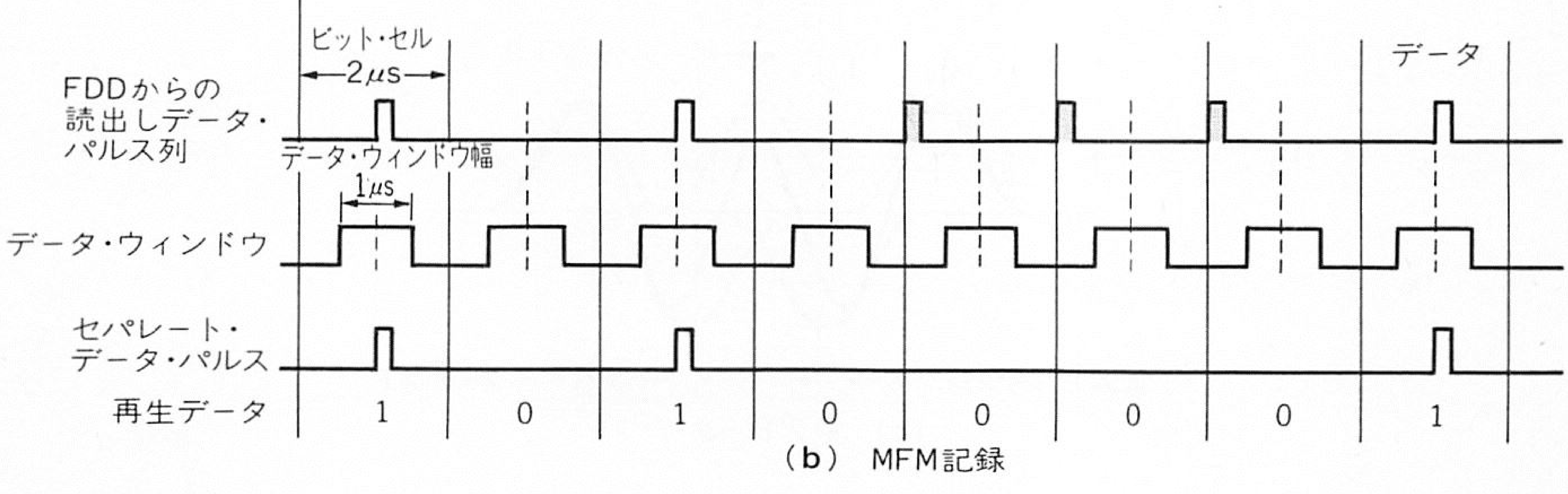
ディスクは外周も内周も1トラックに対し同じデータ容量の記録を行うため，周長の短い内周ほど記録密度が高くなり，分解能も下がってしまう．このため外周で適当に調整された読出し系のフィルタ定数では，内周で分解能が低くなりすぎてしまい，読取りマージンがさがってしまう．これを補正するために内周でフィルタ定数を切り替える方法がある．

図6.4にFDDの読出し(再生)系のブロック図を，**図6.5**に書込み/読出し系の各部の信号を示す．読出し系では出力のピークを検出するため微分器を用い，その出力のゼロ・ク

図6.2　データ・ウィンドウ[1)]



(a)　FM記録

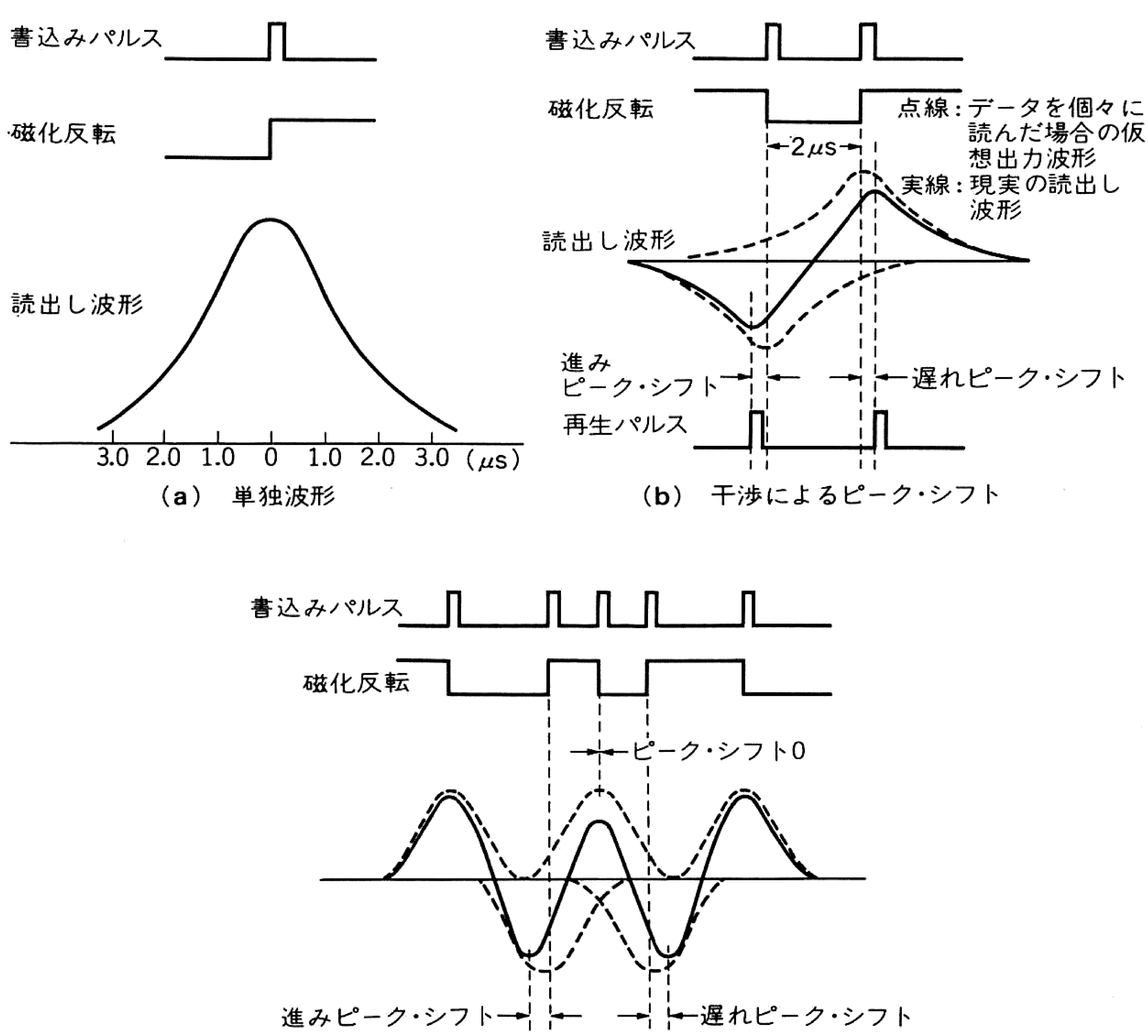


(b)　MFM記録

ロス点に読出しパルスを発生させる．

図6.6(a)は外周トラックでの出力波形を示す．記録パルス間隔が4 μsのとき，同図のように，微分波形には中央にくぼみ(サドル)ができる．分解能を高くしすぎると，このくぼみが0Vまで達してしまい，読取りエラーとなる．実際には，ノイズ防止のためにもこれが多少0Vをクロスしても問題のないようにタイム・ドメイン・フィルタと呼ばれる修正回路が入っているが，基本的には0Vはクロスしないのが望ましい．外周と同じフィルタ定数で内周に入ると同図(b)実線のように，ほとんどくぼみがなくなる．記録密度が高くなり分解能が下がったためである．このとき前述のフィルタ定数切替えを行うことにより同図の点線のようにくぼみを増し，分解能を高めることができる．この信号名をSwitch Filterといい，8インチFDDでは，シリンダ60より内周で，インターフェース信号により，96 TPIの

図6.3　ピーク・シフト[1)]



(a)　単独波形

(b)　干渉によるピーク・シフト

(c)　最大ピーク・シフト

$5\frac{1}{4}$インチFDDおよび高密度FDDではシリンダ44より内周で，自動的に，それぞれ切り替える方法が一般的に用いられている．

6.3 データ・セパレート回路

FDDがディスクから読み出したデータ(読出しデータ)を正しくデータ・パルスとクロッ

図 6.4 読出し系のブロック図[1)]

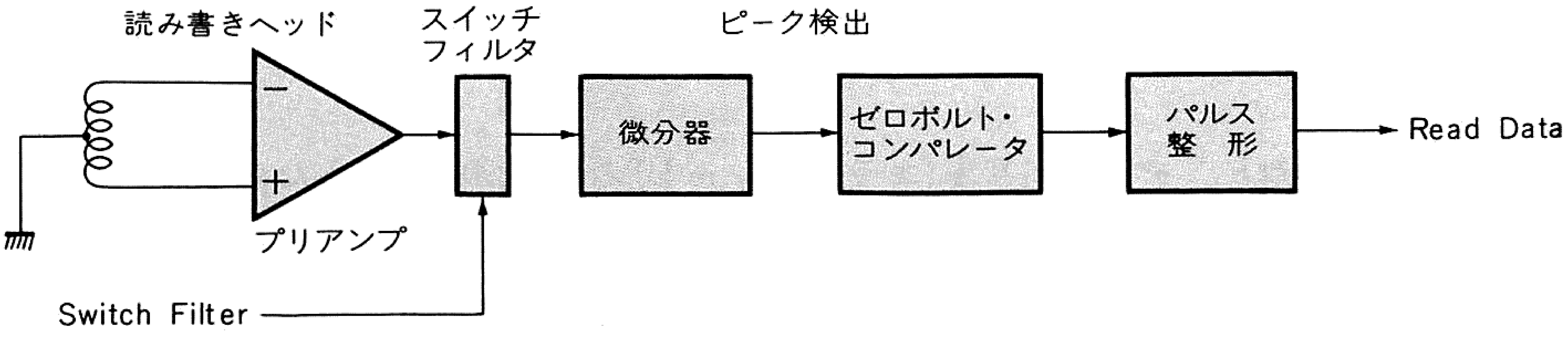


図 6.5 書込み/読出し各部の信号の関係[2)]

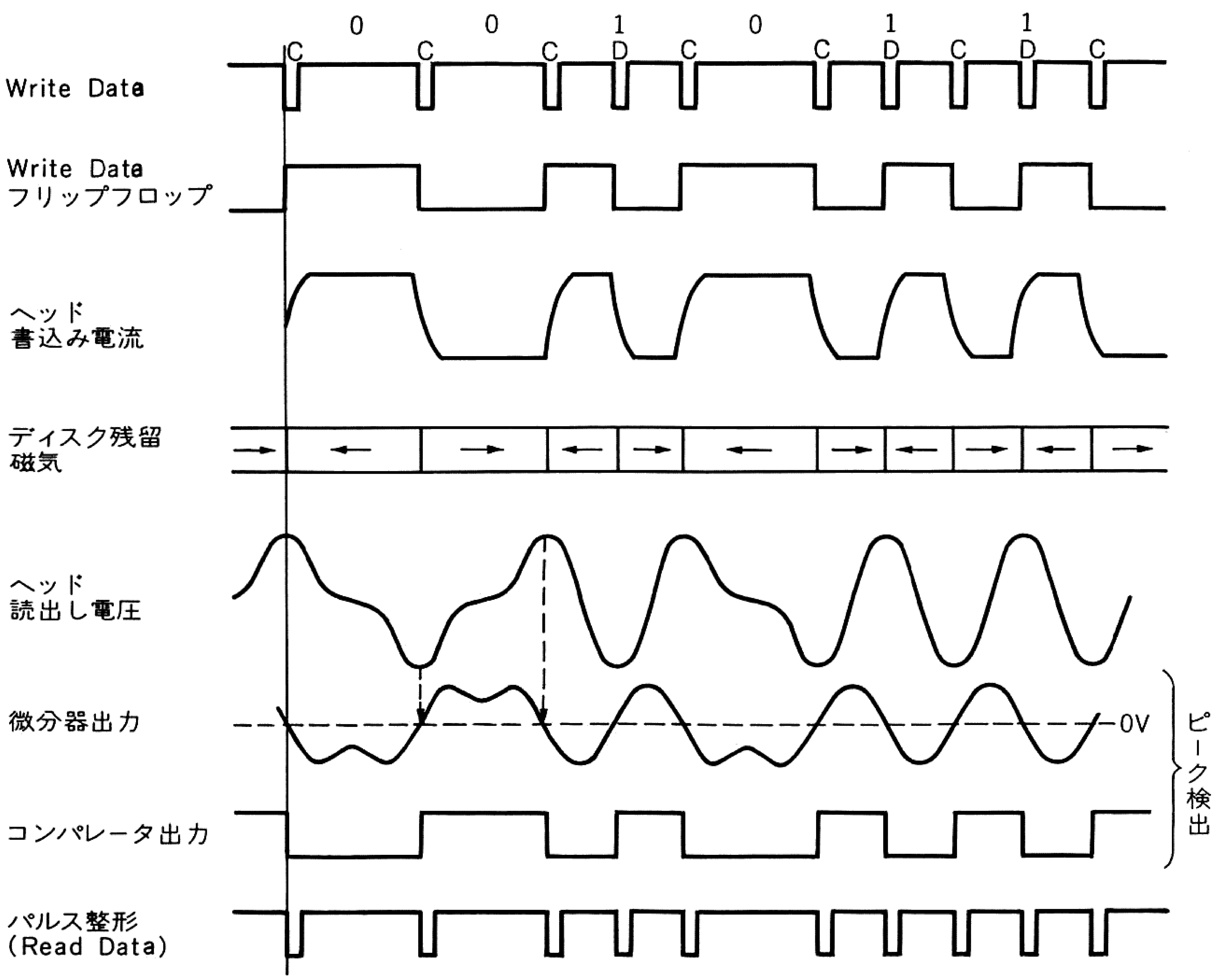
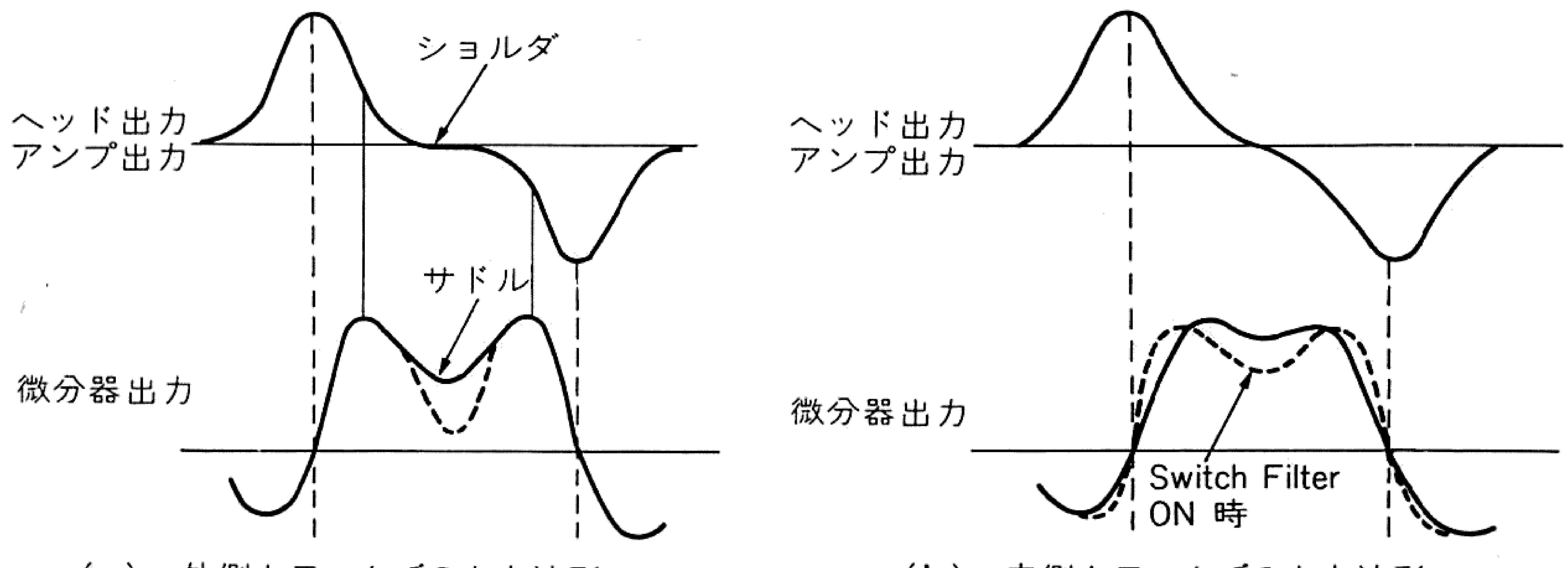


図6.6 ヘッド出力，微分器出力[1)]



(a) 外側トラックでの出力波形　　(b) 内側トラックでの出力波形

ク・パルスに分離し，データ誤り率(エラー・レート)の低い情報を得るためには，正確なデータ・ウィンドウでこれを分離する必要がある．この読出しデータの分離機能をもつのがデータ・セパレート回路であり，MFM記録方式では普通PLL回路を用いたVFOデータ・セパレータが用いられる．

VFO回路は一般的に，図6.7のように構成される．FDDからの読出しデータをVFOループの入力とし，その出力信号がデータ・ウィンドウまたはクロック・ウィンドウ(データ・ウィンドウの反転信号)となる．ループの追尾速度，アンプ・ゲインは外部からのコントロールにより最適状態にコントロールされる．

ディスク・フォーマットの項で説明したように，IBMフォーマットでは，IDフィールドの先頭部およびデータ・フィールドの先頭部にそれぞれシンク(Sync)フィールドがある．このシンク・フィールドは'00'データで構成されているため，クロック・パルスのみであ

図6.7 VFO回路の構成例

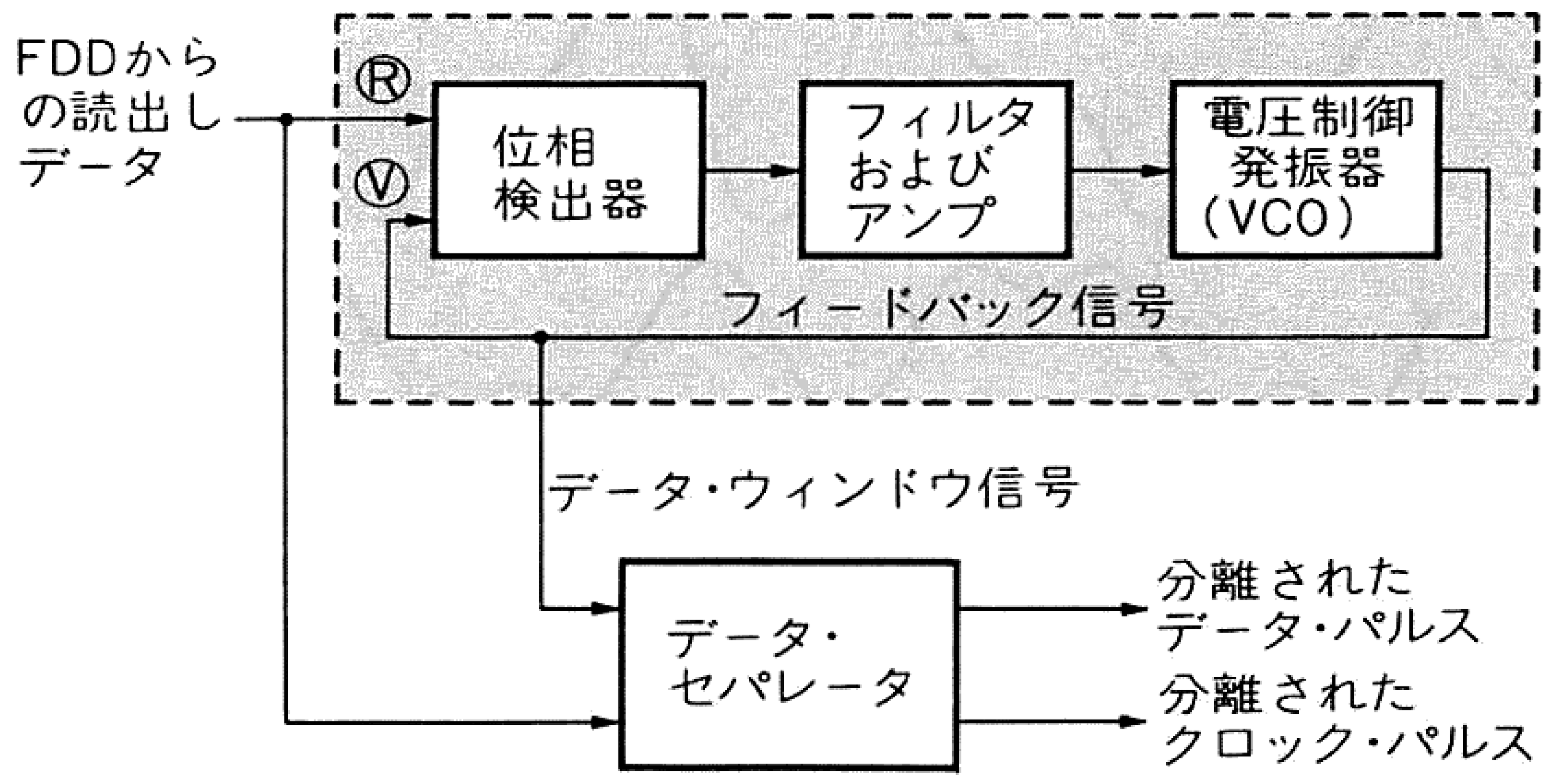
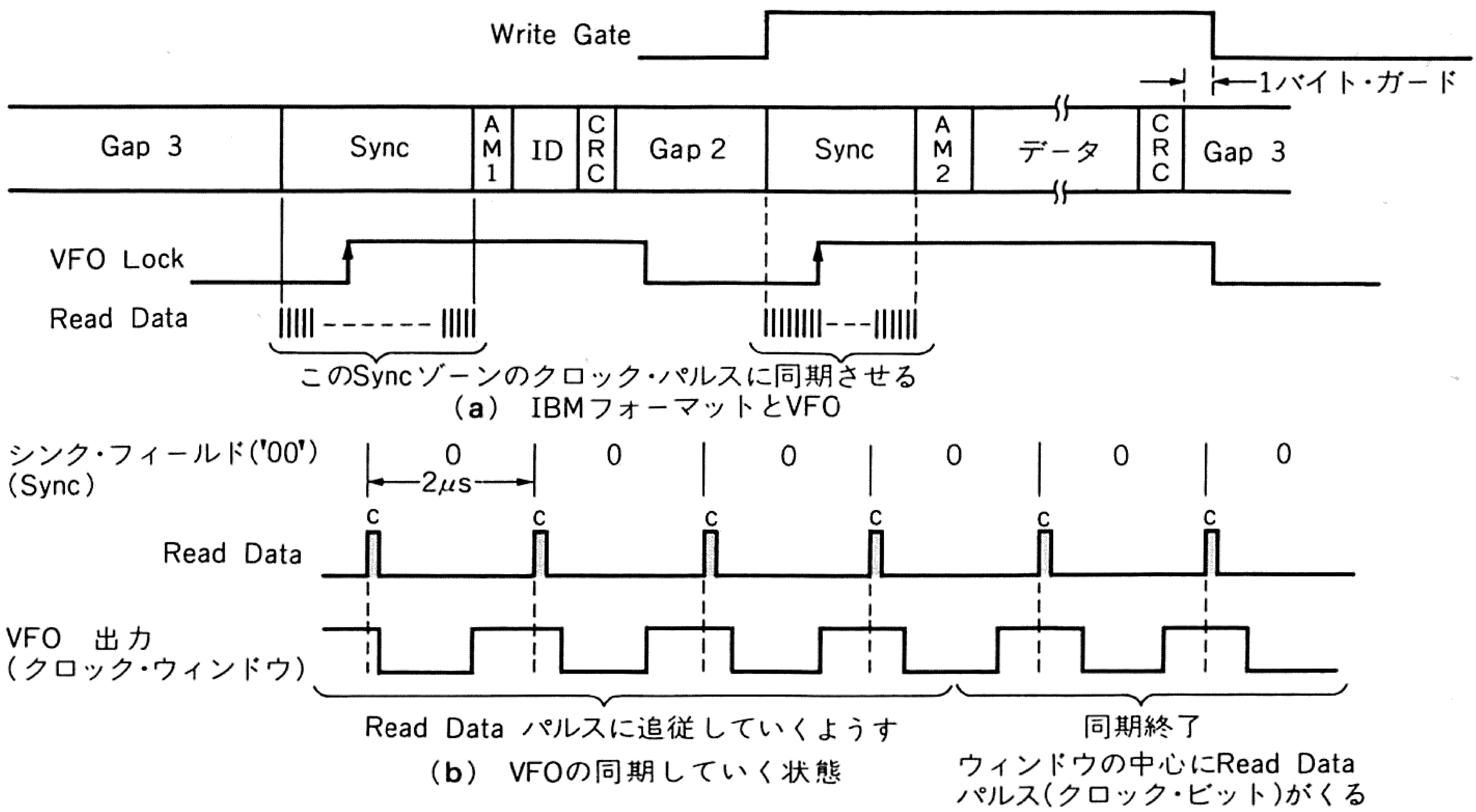


図 6.8 シンク・フィールドで同期をとる[1)]



り，等間隔(8インチ，倍密度では2 μs)のパルス列となる．このため前後パルスからの干渉が等しくなり，ピーク・シフトを生じない．したがって，このシンク・フィールドのパルス列にロック(同期)させれば，すばやくロック・インし，正確なウィンドウ信号が得られる．図 6.8 にこのようすを示す．

いったん同期したあとは，ディスクの書込みおよび読出し時，回転変動要素による周期変動にのみ追従するようにし，個々のピーク・シフトに起因するビット位相変化は，無視する必要がある．

FDDはハード・ディスクなどと異なり，1枚のディスクをいろいろなFDDで書込み/読出しをするため，セクタ毎の，とくにデータ・フィールドの読出しデータ速度変動が大きい．またデータの書き継ぎ点が広い範囲にありVFOがロックしにくい．このためFDD用VFOとしては，つぎのような条件が必要となる．

(1) VFOのキャプチャ・レンジ(VFOがロックに入れる周波数範囲)，ロック・レンジ(VFOが連続して追尾できる周波数範囲)が共に±15％以上あること．

通常のFDDではインデクス周期で見た長期的な回転速度変動が± 2 ～2.5％程度ある．またワウ・フラッタと呼ばれる短期的な速度変動がやはり 2 ～2.5％ある．このため，最悪の組合せでデータを書き込むと，中心速度に対し＋側か－側へ 5％ディスクの速度変動で

データが書き込まれる．これを標準速度のFDDで読み出すと，書込みのときとは逆方向へ5％ずれた速度でデータが読み出される．もし書込みとは逆方向へ5％速度のずれたFDDでこれを読み出せばその読み出されてくる読出しデータの速度は10％ずれることになる．これにVFOの温度，電圧変動などによる中心周波数変動マージンが5％程度必要である．

(2) VFOに正常なデータが入り出してから2～4バイトの時間でロック完了すること．

VFOのロック・インに使用するSyncフィールドはFM記録方式で6バイト，MFM記録方式で12バイトしかない．これに対しフロッピ・ディスク装置制御用LSI(FDC)がVFOのロック・インを確認するのに，'00'のデータ・パターンが2～4バイト必要になる．これにマージンとして2～4バイトを考慮するとロック・インには2～4バイトの時間しかとれないことになる．

(3) ロック完了後はVFO回路の応答速度を遅くし，個々のビットのピーク・シフトにはできるだけ応答しないようにすること．

前にも説明したようにFDDの採用している記録方式では異なるビット間隔のデータがあると必ずピーク・シフトを発生する．このビット・シフトは必ずとなり合うビットで反対方向に発生するため，それぞれのピーク・シフトにVFOの発振周波数が追従してしまうとウィンドウ幅の補正が逆方向となり，かえってウィンドウ・マージン(タイム・マージン)を下げてしまう．逆にロック完了後のVFOが追尾しなければいけないのは回転変動などによる読出しデータの速度変動であり，この周波数成分は早くても数100 Hz程度である．

(4) データを読み取っていないときはVFOの発振周波数を中心値に戻すこと．

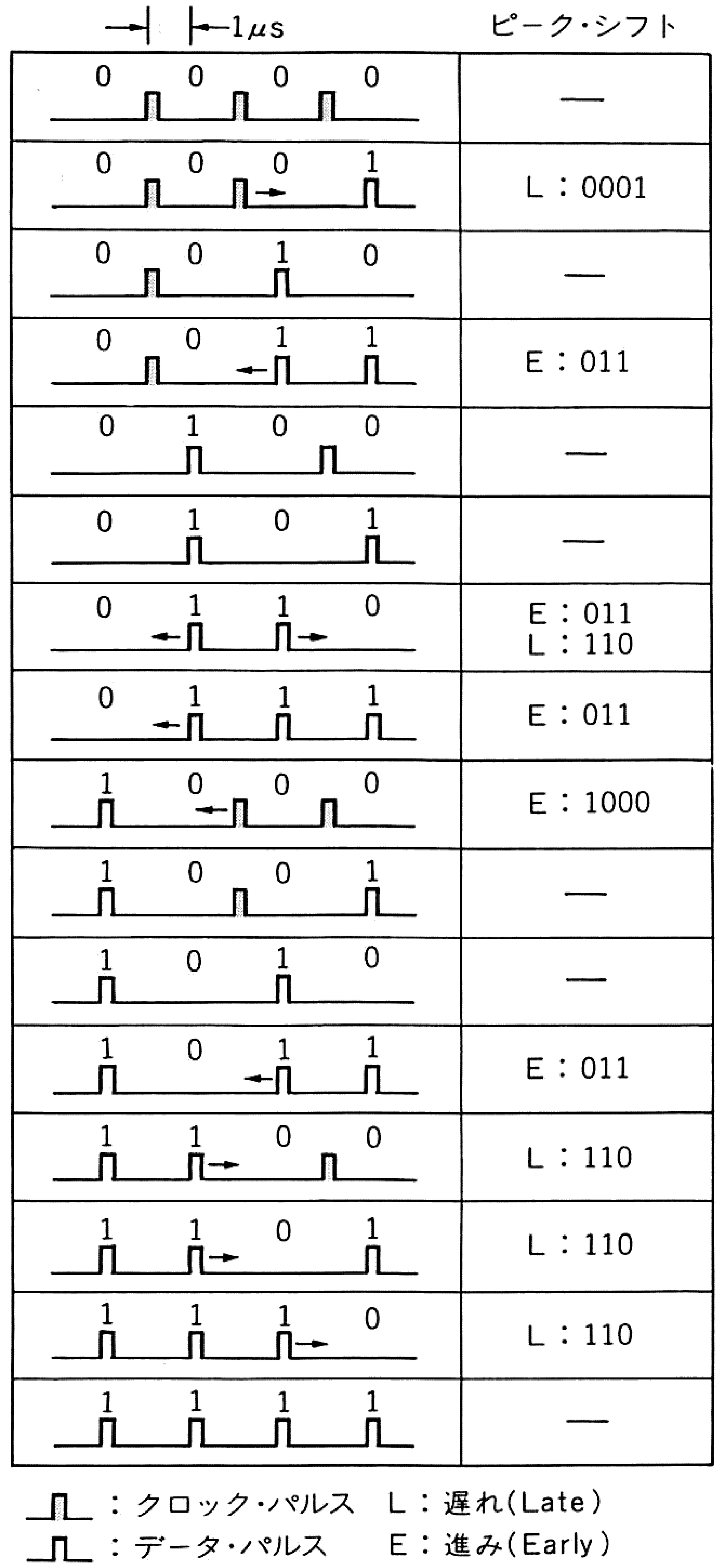
これには，つぎのような理由がある．

- FDCによってはVFOからのデータ・ウィンドウ周波数が高くなりすぎると暴走したり，その後，正常なデータが入っても読み出すのに時間がかかったりするものがある．
- FDCによってはIDサーチ中に誤まって連続した'00'信号が入ると，やはり暴走したり，正常なディスクが読み出せなくなったりするものがある．

これらのFDC問題については後述する．

- トラック・フォーマットにおけるギャップ部のデータ・パターンはFM記録方式で'FF'，MFM記録方上で'4E'であり，これをIDサーチ中に追尾させると発振周波数が上限や下限になってしまい，正常なSyncフィールドに入ってからの再ロック・インに時間がかかってしまう．

図 6.9　各データ・パターンにおけるピーク・シフトの方向[1)]

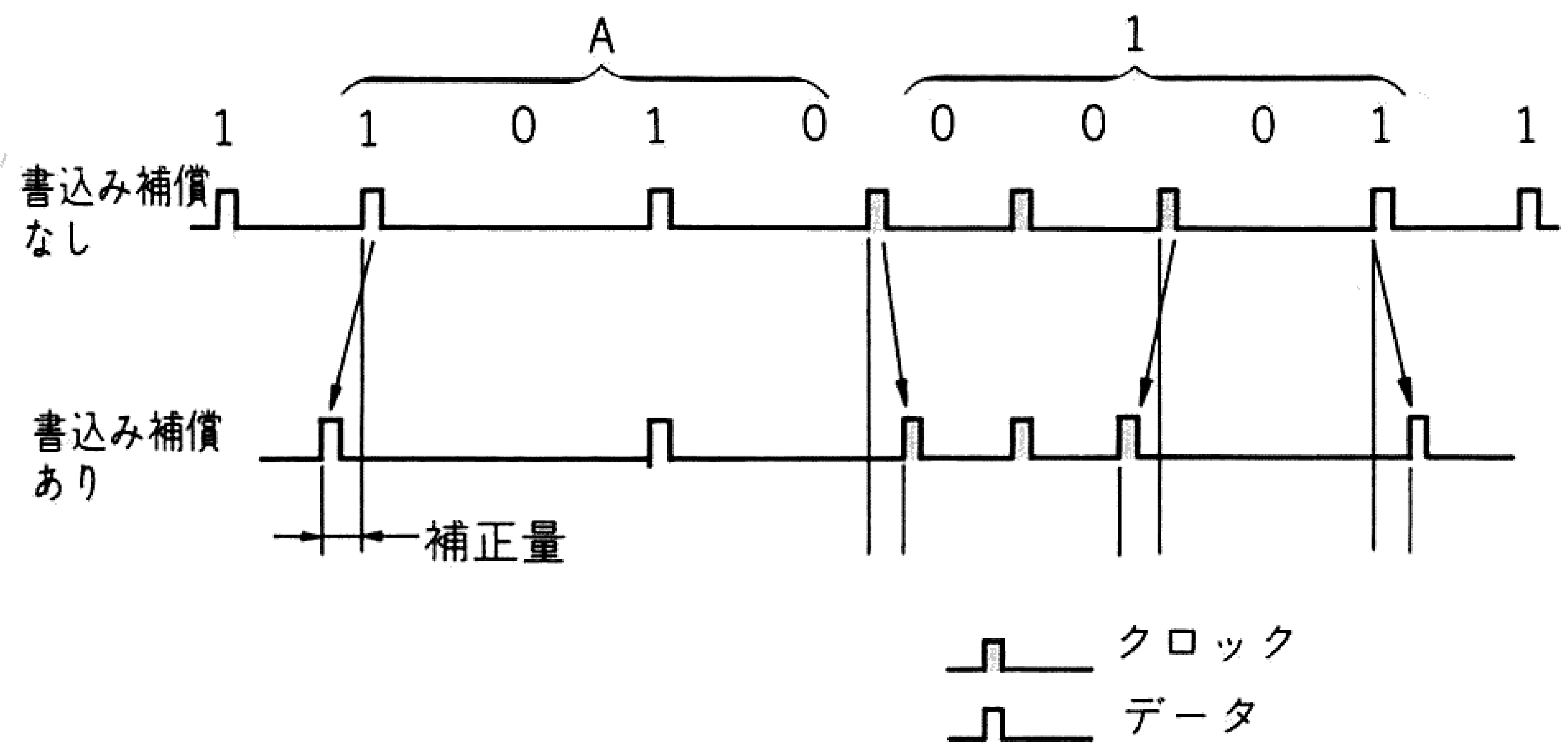


（a）　各データ・パターンにおけるピーク・シフト

ピーク・シフト 遅れ(L)	ピーク・シフト 進み(E)
0001	011
110	1000

（b）　ピーク・シフトが発生するデータ・パターン

図 6.10 書込み補償の例(データ・パターン'A1'のとき)



6.4 書込み補償

ピーク・シフトの方向は，データ列のパターンによって予想できることから，前もって書込み時に，読出し時のシフト方向と逆方向にずらすことによって読出し時のピーク・シフトを小さくすることができる．これを書込み補償(Write Pre-Compensation)という．図6.9(a)に各データ・パターンによる読出し時のピーク・シフト方向を示す．要約すると，同図(b)のようなデータ・パターンでピーク・シフトが発生するため，このパターンを検出して，書込みを早めたり，遅くしたりする．倍密度用FDCはこの書込み補償用の出力信号をもっており，外部に数個のICをもつだけで，これをコントロールすることができる．

書込み補償は読取りタイム・マージンを上げるためにスイッチ・フィルタ切替えと同様効果的な方法であるが，その補正値がディスクに残るため互換性上問題になることがある．たとえば書込み補償をしているシステムに書込み補償をしていないディスクを読ませたとき，読取りエラーを発生する可能性が大きいし，逆に書込み補償をしたディスクをスイッチ・フィルタ・コントロールしたシステムで読ませると補正が二重に働くため，やはりエラーを発生する可能性がある．とくに**8インチでは，IBMがスイッチ・フィルタ切替え方式を採用しているため，互換性上，書込み補償は行うべきでない．**

また5¼インチの場合，とくに倍トラックには書込み補償を行っている例がいくつかあるが，書込み補償なしで動作保証されたFDDであれば行わないほうがよい．

第7章

フロッピ・ディスク装置制御用LSI

7.1 FDC LSIの動向

FDDのインターフェースはホスト・システム(CPU)のもつバス構造と異なり，独立したレベルまたはパルス信号を取り扱う，かなり接続しにくいものになっている．このため，一般的には図7.1に示すように，CPUインターフェース，FDDコントロール・ロジック，FDDインターフェースを，CPUバスとの間に入れて接続する．このFDDコントロール・ロジックに当たるのが，フロッピ・ディスク装置制御用LSI(FDC)である．この部分を，FDCを用いないでTTLロジックで設計しようとすると，IBMフォーマットの複雑さなどから，かなり大変で，単密度の26セクタ・タイプでも約150個程度のTTLが必要となる．このため，FDCが使用できないようなシステム，たとえば，IBMフォーマットを使用していないシステム，たとえばハード・セクタ方式のディスクを取り扱うシステム，またデータ容量

図7.1 CPUとFDDとのインターフェースのブロック図

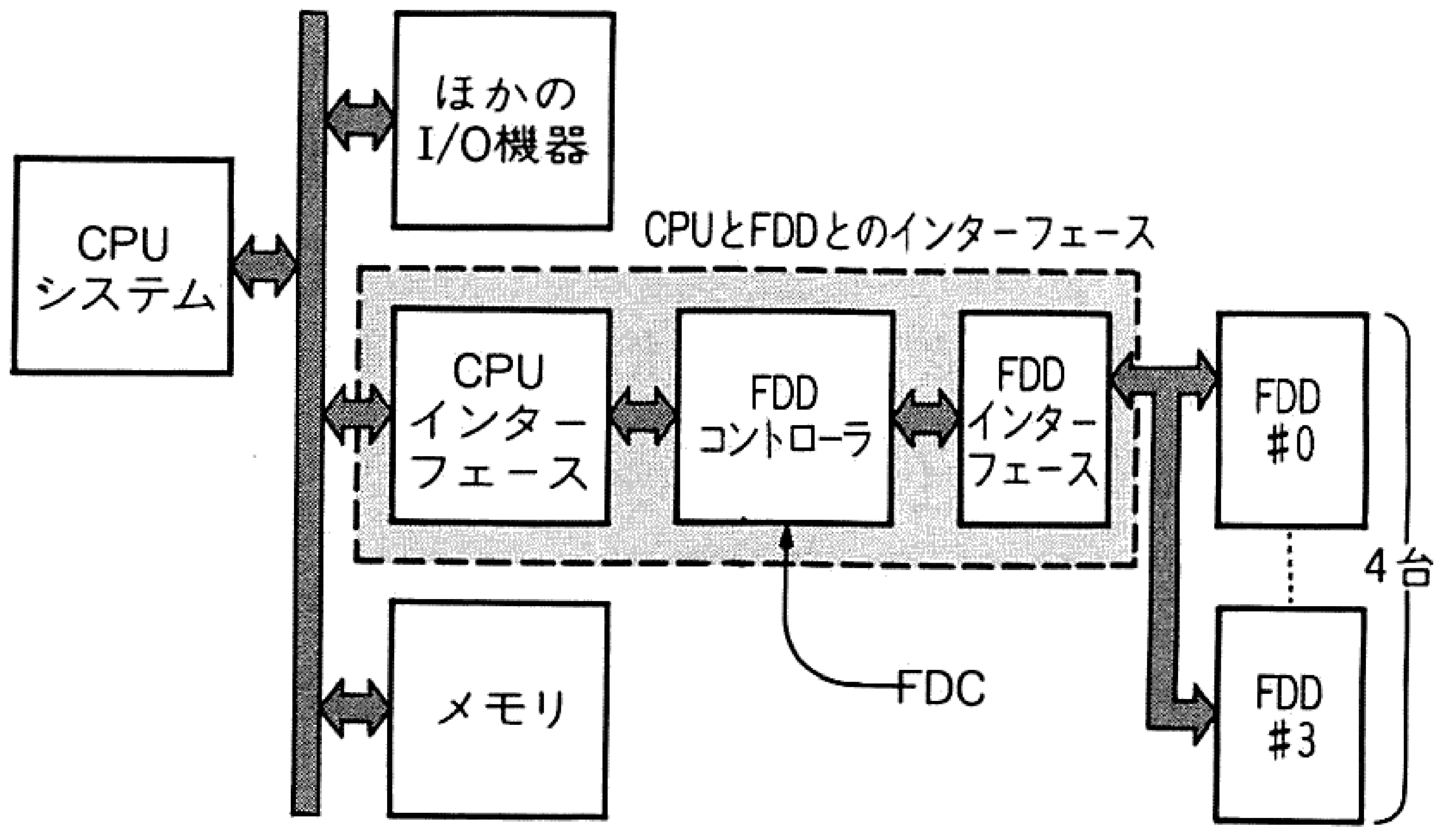


表 7.1　単密度FDCの種類

デバイス名	メ　ー　カ	クロック	電　源	制　御　方　式	処理可能なバイト/セクタ	備　　考
FD1771-01	ウェスタン・ディジタル	2 MHz	±5 V +12V	コマンド制御	128/256 512	5¼ インチも使用可
INS-1771-1	ナショナル・セミコンダクタ	2 MHz	+5 V +12V	コマンド制御	128/256 512	FD 1771 のセカンド・ソース
8271	インテル	4 MHz	+5 V	コマンド制御	128/256 512	5¼ インチも使用可
T3444A	東芝	500 kHz	+5 V	コマンド制御	128	8インチ専用
T3444D	東芝	500 kHz	+5 V	コマンド制御	128/256 512	8インチ専用
HD46503	日立	1 MHz	+5 V	コマンド制御	128	
SM8550	日本プレシジョン・サーキッツ	4 MHz	+5 V	モード制御	128	8インチ専用 CMOS
μPD372	日本電気	8080用 ϕ_1, ϕ_2	±5 V +12V	プログラム制御	128/256 512	5¼ インチも使用可
T3444M	東芝	250 kHz	+5 V	コマンド制御	128	5¼ インチ専用
SM8551	日本プレシジョン・サーキッツ	2 MHz	+5 V	モード制御	128	5¼ インチ専用 CMOS

を増やすためID部やギャップなどを短くしてデータ容量を増したつめこみフォーマットを使用したシステムなど以外では，ほとんどFDCを使用している．

このFDCも，当初は単密度専用のものだったが，FDDの進歩とともに改良され，現在では単密，倍密共用型になっている．**表 7.1** に単密用FDCの一覧表を示す．この中でよく使用されていたものは，ウェスタン・ディジタルのFD1771，東芝のT3444 シリーズでないかと思われる．またNECのμPD372 は，開発が早く，当初よく使用されたが，かなりの部分を直接CPUからプログラムでコントロールする必要があり，あとにはあまり用いられなかった．

現在よく用いられている倍密度記録用FDCは**表 7.2** および**表 7.3** に示す2種類のグループに分けられる．またその他にも**表 7.4** のようにいくつかあるが，ほとんど使用されていないので，ここでは名前の紹介にとどめる．倍密度用FDCは単密度にも使用できる．これはIBMフォーマットが倍密度用ディスクでもシリンダ0，サイド0は単密度記録になっているためである．このため，今後，単密度専用のシステムを作るときも，一部のFDC以外はこれらの倍密度用FDCから適当なものを使用することが，信頼性上からも，コスト面からも，またセカンド・ソースの問題からも望ましい．

表 7.2 FD1791 ファミリ

型 式	メーカ	バス・ライン	サイド・セレクト出力	備 考
FD1791	ウェスタン・ディジタル	負	なし	
FD1791-01	ウェスタン・ディジタル	負	なし	FD1791 の改良品 VFOE 追加
FD1791-02	ウェスタン・ディジタル	負	なし	FD1791-01 の改良品
FD1793-01	ウェスタン・ディジタル	正	なし	
FD1793-02	ウェスタン・ディジタル	正	なし	FD1793-01 の改良品
FD1795-02	ウェスタン・ディジタル	負	あり	
FD1797-02	ウェスタン・ディジタル	正	あり	
MB8866	富士通	負	なし	FD1791 のセカンド・ソース
MB8876	富士通	負	なし	FD1791-01 のセカンド・ソース
MB8877	富士通	正	なし	FD1793-01 のセカンド・ソース
M5W1791-02P	三 菱	負	なし	FD1791-02 のセカンド・ソース
M5W1793-02P	三 菱	正	なし	FD1793-02 のセカンド・ソース
FDC1791-02	SMC	負	なし	FD1791-02 のセカンド・ソース
FDC1792-02	SMC	負	なし	FD1791-02 の単密度専用
FDC1793-02	SMC	正	なし	FD1793-02 のセカンド・ソース
FDC1794-02	SMC	正	なし	FD1793-02 の単密度専用
FDC1795-02	SMC	負	あり	FD1795-02 のセカンド・ソース
FDC1797-02	SMC	正	あり	FD1795-02 のセカンド・ソース

表 7.3 μPD765 ファミリ

型 式	メーカ	リキャリブレート時のトラック数	インデクス後のリード不能時間	備 考
μPD765	日本電気	77	1.8 ms	IBM フォーマット用
μPD765A	〃	77	0.6 ms	IBM フォーマット用
μPD745	〃	77	0.2 ms*	ISO ミニフォーマット
μPD7265	〃	255	0.2 ms*	〃
8272	インテル	77	1.8 ms	μPD765 のセカンド・ソース
8272A	〃	77	0.6 ms	μPD765A のセカンド・ソース

* 5¼ インチ FDD 使用時，その他は 8 インチ

表 7.4 その他の倍密度用FDC

型 式	メーカ
TMS 9909	TI
8X330	シグネティクス
LHO 110	シャープ
FDC 7003	SMC
MSM 6241	沖電気

7.2 FD1791 シリーズ

FD1791 は米国ウェスタン・ディジタル社が開発したFDCで，同社の単密度用FD1771 とCPUインターフェースが互換性のある設計になっているため，単密度システムからのシステム・アップは容易である．

また，このFD1791 の前にIBMフォーマットとやや異なるフォーマットを使用した倍密度用FDC，FD1781 があったが，IBMフォーマットの詳細がわかったあと，FD1791 に移行した．

FD1791 のおもな特徴をつぎに示す．

(1) 片面，1台用で設計されており，レジスタ構成が非常にシンプルで使いやすい．

(2) FDD用VFOに適したコントロール信号がある．

(3) イニシャライズ・データはホスト・システムで用意するため自由なフォーマットが使用できる．

(4) IBMの単密/倍密フォーマットはもちろん，5¼インチFDDフォーマットもすべて使用できる．

その後，FD1791 はデータ・バスの正論理/負論理，サイド・チェック機能の追加などにより**表7.2** に示したように，種類が増えた．

FD1791 シリーズの新しいものとしてアナログ型VFOを内蔵したWD279Xシリーズ，ディジタル型データ・セパレータを内蔵してDIP 28 ピン・パッケージに入れた5¼インチ用FDC WD1770 シリーズが開発されている．詳細は後に記す．なお，ウェスタン・ディジタル関係のFDCの国内販売は東京エレクトロンがあつかっている．

FD1791 シリーズとコンパチブルなLSIとして開発されたものに，富士通のMB8866，MB8876，MB8877 がある．基本仕様はそれぞれFD1791，FD1791-02，FD1793-02 と同じになっており，国内では富士通製のほうがよく使用されている．また三菱でもこれらとコンパチブルなFDC M5W1791-02P，M5W1793-02Pを発表している．

米国でもSMC(Standard Microsystems Corporation)社からFDC-179Xファミリとして発売されている．

7.3 MB8876の使用例

MB8876を代表例として，すこし詳しく説明しよう．図7.2にピン配列を，図7.3にMB8876の内部基本ブロック図を示す．また，MB8876とCPUおよびFDDとの接続ブロック図を図7.4に示す．MB8876の内部は232×19ビットのPLA（Programable Logic Array）によるマイクロ・プログラムで制御されている．

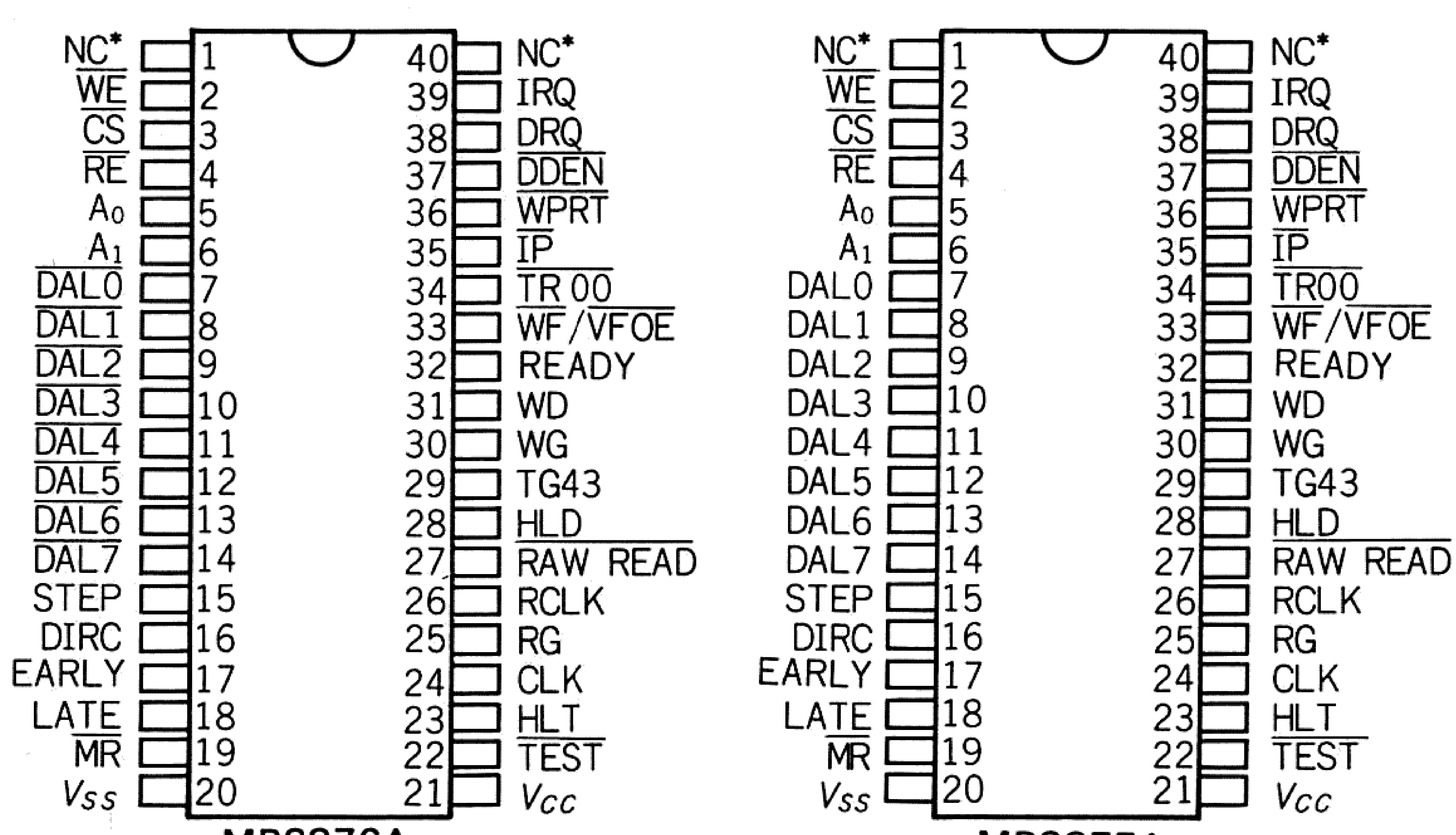
(1) 内部レジスタ

内部のレジスタは6個あり，このうち5個のレジスタに対しCPUから直接データを書き込み，読み出すことでコマンドを実行する．つぎにこれらのレジスタの機能を説明する．

① コマンド・レジスタ(CR)

書込み専用の8ビット・レジスタである．このレジスタに，CPUから実行させたい命令に応じたコマンドを書き込む．コマンドの書込みがコマンドの起動になるため，あらかじめ必要な情報は他のレジスタにも書き込んでおく必要がある．特例を除きコマンド実行中につぎのコマンドを書き込んではいけない．コマンドの読出しはできない．

図7.2 MB8876，MB8877の端子配列図



NC*：No internal Connection

(Top view)

② **ステータス・レジスタ**(STR)

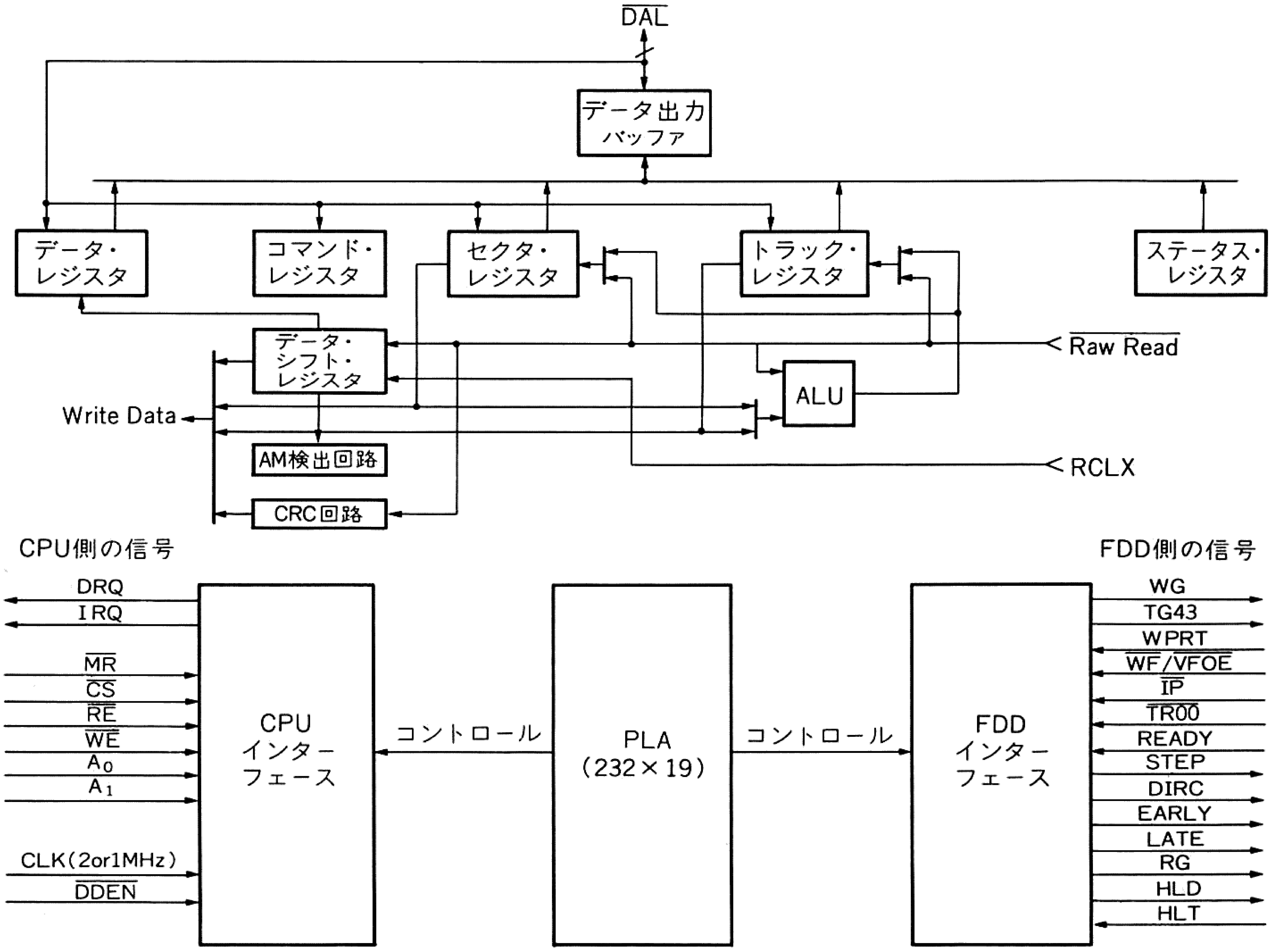
読出し専用の8ビット・レジスタである．このレジスタはMB8876内部状態，コマンド実行における処理状態，FDDの状態を示す．各ビットの意味はコマンドにより変化する．アドレス番号はコマンド・レジスタと同じであり，レジスタへのライトとリードで自動的に使い分けられる．

③ **データ・レジスタ**(DR)

書込み/読出し可能な8ビット・レジスタである．ディスク読出し時には，ディスクから読み出されたデータが1バイトごとにロードされ，ディスク書込み時には，このレジスタに書き込まれたデータがシリアルになり，ディスクに書き込まれる．

シーク動作時には，目的のシリンダ番号を書き込み，ターゲット・トラック・レジスタとして使用する．

図7.3　MB8876の基本ブロック図[7)]



④ **トラック・レジスタ**(TR)

書込み/読出し可能な8ビット・レジスタである．

このレジスタは，通常，ディスクのR/Wヘッドのある位置(トラック)を示すカレント・トラック・レジスタである．

シーク時にはこのトラック・レジスタの数と，データ・レジスタにセットされたターゲット・トラックの数の大小比較によりインまたはアウト方向が決定され，その差分だけコマンドによりセットされたステップ・レートでヘッドを移動する．トラック・レジスタの内容はステップ・パルスがFDCから発せられるごとに更新(＋1または－1)される．

リード・データ，ライト・データ・コマンドでは，この内容とディスクから読み出したIDフィールドのトラック番号がチェックされ，一致したときのみコマンドが実行される．

⑤ **セクタ・レジスタ**(SCR)

書込み/読出し可能な8ビット・レジスタである．ディスクへの書込み/読出しに先だち，目的のセクタ番号をこのレジスタにセットする．リード・データ/ライト・データ・コマンドではこのレジスタの内容とディスクから読み出したIDフィールドのセクタ番号をチ

図 7.4　CPUおよびFDDとMB8876との接続

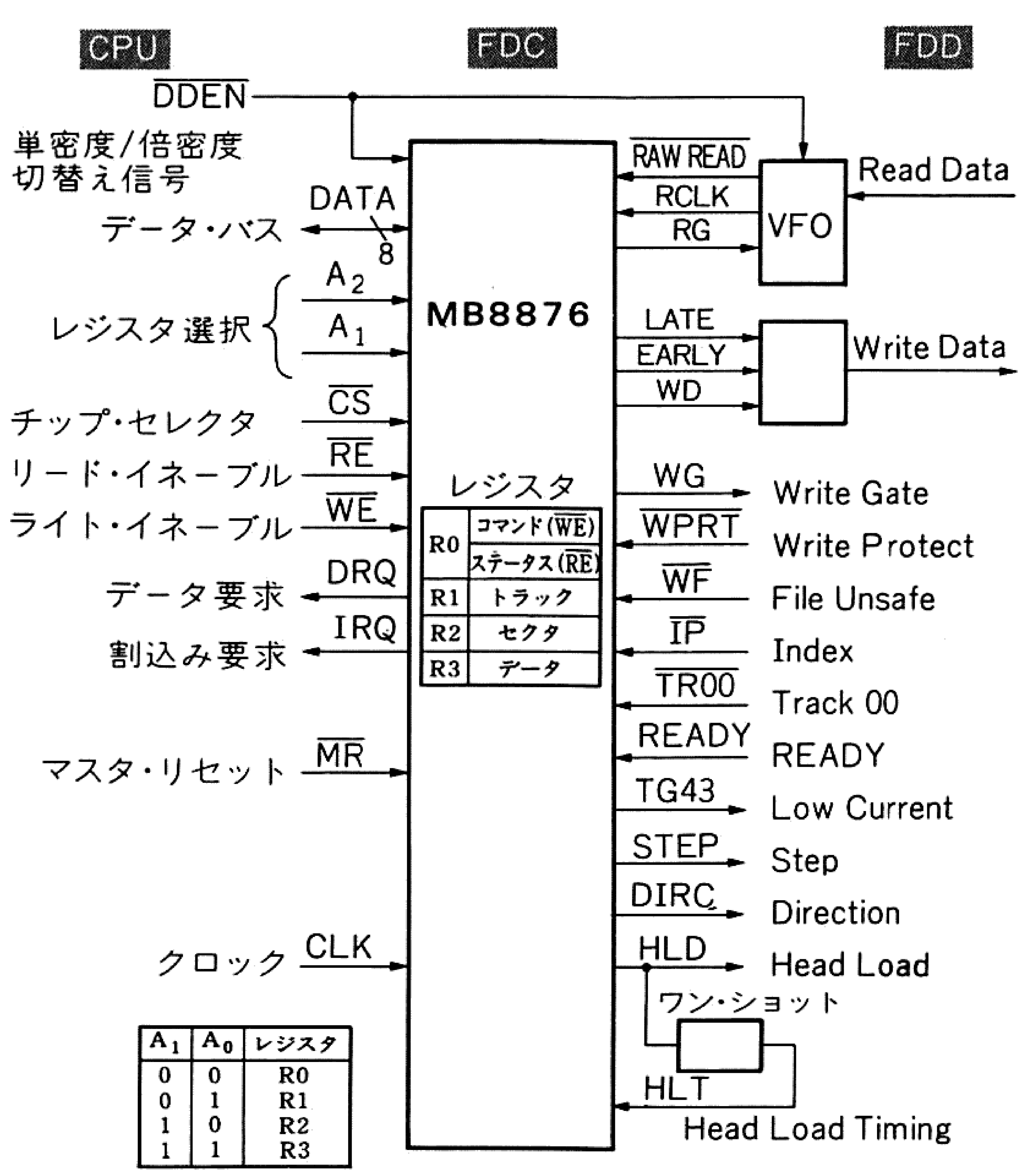


表 7.5　MB8876 のコマンド

タイプ	名　称	コード MSB　LSB	動　作　概　要
I	リストア	0000 h V r_1 r_0	ヘッドをトラック0へ移動する.
	シーク	0001 h V r_1 r_0	目的のトラックへ, ヘッドを移動する.
	ステップ	001u h V r_1 r_0	ヘッドを1トラック移動する.
	ステップ・イン	010u h V r_1 r_0	ヘッドを1トラック内側へ移動する.
	ステップ・アウト	011u h V r_1 r_0	ヘッドを1トラック外側へ移動する.
II	リード・データ	100m S E C 0	ディスクのデータ(データ・フィールド)を読む.
	ライト・データ	101m S E C a_0	ディスク(データ・フィールド)へデータを書く.
III	リード・アドレス	1100 0E00	ディスクの ID フィールドを読む.
	リード・トラック	1110 0E00	ディスクの1トラックの全データを読む.
	ライト・トラック	1111 0E00	ディスクの1トラックの全データを書く.
IV	フォース・インタラプト	1101 $I_3 I_2 I_1 I_0$	割込み(IRQ)を発生させる.

表 7.6　コマンドのフラグ

●タイプI

h (head load flag)

　＝1：コマンド実行開始時にヘッドをロードする

　＝0：ヘッドをディスクから離す

V (verify flag)…トラック照合

　＝1：ヘッド移動後ディスクのトラック番号とトラック・レジスタの内容を照合する

　＝0：照合はしない

r_1, r_0 (stepping motor rate：ステップ・レート)

u (update flag)…トラック・レジスタ更新

　＝1：ヘッドの移動にともなってトラック・レジスタを更新する

　＝0：更新しない

●タイプII, III

m (multiple record flag)

　＝0：シングル・レコード(単一セクタでリード／ライト)

　＝1：マルチプル・レコード(連続セクタでリード／ライト)

a_0 (data address mark)

　＝0：データ・アドレス・マークに'FB'(データ・マーク)を書く

　＝1：データ・アドレス・マークに'F8'(デリーテッド・データ・マーク)を書く

E (15 ms delay)

　＝1：ヘッド・ロードされたかどうかを示す HLT 信号を 15 ms のディレイ後サンプリング

　＝0：ディレイなしで, ただちにサンプリング

●タイプIV

I_3～I_0 (interrupt condition flag)

　I_0＝1：Ready 信号入力の立上りで IRQ 発生

　I_1＝1：Ready 信号入力の立下りで IRQ 発生

　I_2＝1：インデクス・パルス検出時に IRQ 発生

　I_3＝1：無条件で, ただちに IRQ 発生

注1) Sはサイド番号指定.
Cはサイド番号比較.

・C＝1のときはSで指定されたサイド番号と ID フィールドのサイド番号を比較し, 一致したときリード/ライトする.

・C＝0のときはサイド比較は行わず, したがってSの値に関係なくリード/ライトする.

注2) r_0, r_1 (ステップ・レート)

r_0	r_1	クロック 1 MHz	クロック 2 MHz
0	0	6 ms	3 ms
0	1	12	6
1	0	20	10
1	1	30	15

ェックし，一致したセクタに対してデータの書込みまたは読出しを行う．

(2) コマンドの実行

ホスト・システムからFDCを通しFDDに与えられる命令(コマンド)は**表7.5**に示すように11種類ある．これらのコマンドは，R/Wヘッド位置をコントロールするタイプIコマンド，データの書込み/読出しを行うタイプIIコマンド，イニシャライズ関係のタイプIIIコマンド，コマンドの中止など，割込みを発生させるタイプIVコマンドの4種類に分けられる．

それぞれのコマンドに対しては**表7.6**に示すような動作時の条件を決めるフラグがセットできる．

FDDおよびコマンド実行結果は，**表7.7**に示すステータスとしてステータス・レジスタにセットされる．この中にはエラーとは無関係でFDDの状態表示のみのビットも含まれている．またコマンドのタイプによりビットの意味が変わるものもあるので注意する必要がある．

以下，コマンド実行例としてシーク・コマンド，リード・データ・コマンド，ライト・データ・コマンド，ライト・トラック・コマンドについて説明する．

① シーク・コマンド

図7.5にコマンド実行時のタイム・チャートを示す．ドライブ番号セットはFDCがこの機能をもたないため，外部の回路で行う必要がある．フラグ・セットは，

r_1，r_0＝0 0
h＝1
V＝1

とすることで，8インチFDDでは3msのステップ・レートとなり，ヘッド・ロード信号はコマンド開始時にONとなる．いったんヘッド・ロードがONになると，ヘッドをOFFにする特別なコマンド(h＝0のシーク・コマンドなど)を受けるか，新たなコマンドなしにディスクが15回転したとき自動的にヘッドOFFとなる．V＝1のためシーク完了後，自動的に読出し状態になり，トラック位置のベリファイが行われる．つまり最初に出会ったIDフィールドのトラック番号とデータ・レジスタ(ターゲット・トラック・レジスタ)の内容が比較される．トラック番号が一致しないときはステータス・レジスタのSeek Errorビットがセットされる．

h＝0のときは，コマンドの実行開始時ヘッド・ロードがOFFとなり，V＝1のときはベ

リファイ動作に先だちヘッド・ロードする。

V＝0のときはベリファイ(ヘッド位置の照合)が行われない。これはイニシャライズされていないディスクなどを使用するときは便利である。

シーク・コマンドにはないが，ステップ，ステップ・イン，ステップ・アウトの各コマンドにあるuフラグは通常はu＝1で使用する。u＝0とするとFDCからステップ・パルスは出してもトラック・レジスタは更新されない。これはIBM フォーマットにおけるデフェクティブ・トラック(Defective Track)処理に便利である。このデフェクティブ・トラックとはイニシャライズ時，正常に書込みができないトラックが発見されたとき，このトラックを1本とばして，シリンダ番号を順番にイニシャライズするもので，物理的なトラ

表 7.7　ステータス・レジスタ[7)]

コマンド ＼ ステータス・レジスタ		STR 7	STR 6	STR 5	STR 4	STR 3	STR 2
タイプ I	すべてのコマンド	Not Ready	Write Protect	Head Engaged	Seek Error	CRC Error	Track 00
タイプ II	リード・データ	Not Ready	0	Record Type	Record Not Found	CRC Error	Lost Data
	ライト・データ	Not Ready	Write Protect	Write Fault	Record Not Found	CRC Error	Lost Data
タイプ III	リード・アドレス	Not Ready	0	0	Record Not Found	CRC Error	Lost Data
	リード・トラック	Not Ready	0	0	0	0	Lost Data
	ライト・トラック	Not Ready	Write Protect	Write Fault	0	0	Lost Data
タイプ IV	(他のコマンド実行中の場合)	(今まで実行していたコマンドのステータス・ビットと同様の意味)					
	(実行中のコマンドがない場合)	Not Ready	Write Protect	Head Engaged	0	0	Track 00
マスタ・リセット		(タイプ I コマンドに準ずる)					

ック位置と，IDフィールドに登録されたシリンダ番号が一致しなくなる．この不良トラックのところでu＝0のコマンドを使用しトラック・レジスタのずれを補正するわけである．デフェクティブ・トラックの情報はシリンダ0，サイド0のセクタ5に入っており，IBMディスクとの完全コンパチのためには必要な機能である．

FDCがこれらのコマンドを受け取ると，ステータス・レジスタ中のビジィ(Busy)ビットを1にセットしインタラプト・リクエスト信号をリセットしてシークなどのコマンドをスタートする．シーク後，ベリファイが行われないときは最後のステップ・パルスが出たあと，すぐにコマンドが終了になる．このためステップ安定時間は充分にとられていないので，連続して書込み/読出しを行うときは，ある時間，ホスト・システム側がソフトで待つ必

STR 1	STR 0
Index	Busy
Data Request	Busy
Data Request	Busy
Data Request	Busy
Data Request	Busy
Data Request	Busy
	0
Index	0

ステータス	意味
Not Ready	“1”のとき，ディスク・ドライブが動作可能でないことを示す．
Write Protect	“1”のとき，ディスクが書込み禁止状態になっていることを示す．
Head Engaged	“1”のとき，ヘッドがディスクに押しつけられていることを示す．
Seek Error	“1”のとき，ヘッド移動後にトラック照合を行った結果，IDフィールドが検出されなかったか，ディスクに書かれているトラック番号がトラック・レジスタの内容と一致しなかったことを示す．
CRC Error	IDフィールドまたはデータ・フィールドの読出しにエラーがあったとき“1”がセットされる．
Track 00	“1”が立っているとき，ヘッドはトラック0の位置にある．
Index	インデクス・パルスを検出すると“1”が立つ．
Record Type	リード動作時，データ・マークとして，デリーテッド・データ・マーク('F8')を検出すると“1”がセットされる．
Record Not Found	指定されたトラック番号，(サイド番号)セクタ番号に一致したIDフィールドが発見できなかったとき“1”がセットされる．
Lost Data	DRQフラグがセットされてから，所定の時間以内にデータ・レジスタの読取り，書込みが行われなかったとき“1”となる．
DRQ (Data Request)	“1”のとき，MB8876がホストCPUに対し，データの読出し，または書込みを要求していることを示す．
Busy	“1”のとき，MB8876がコマンド実行中であることを示す．

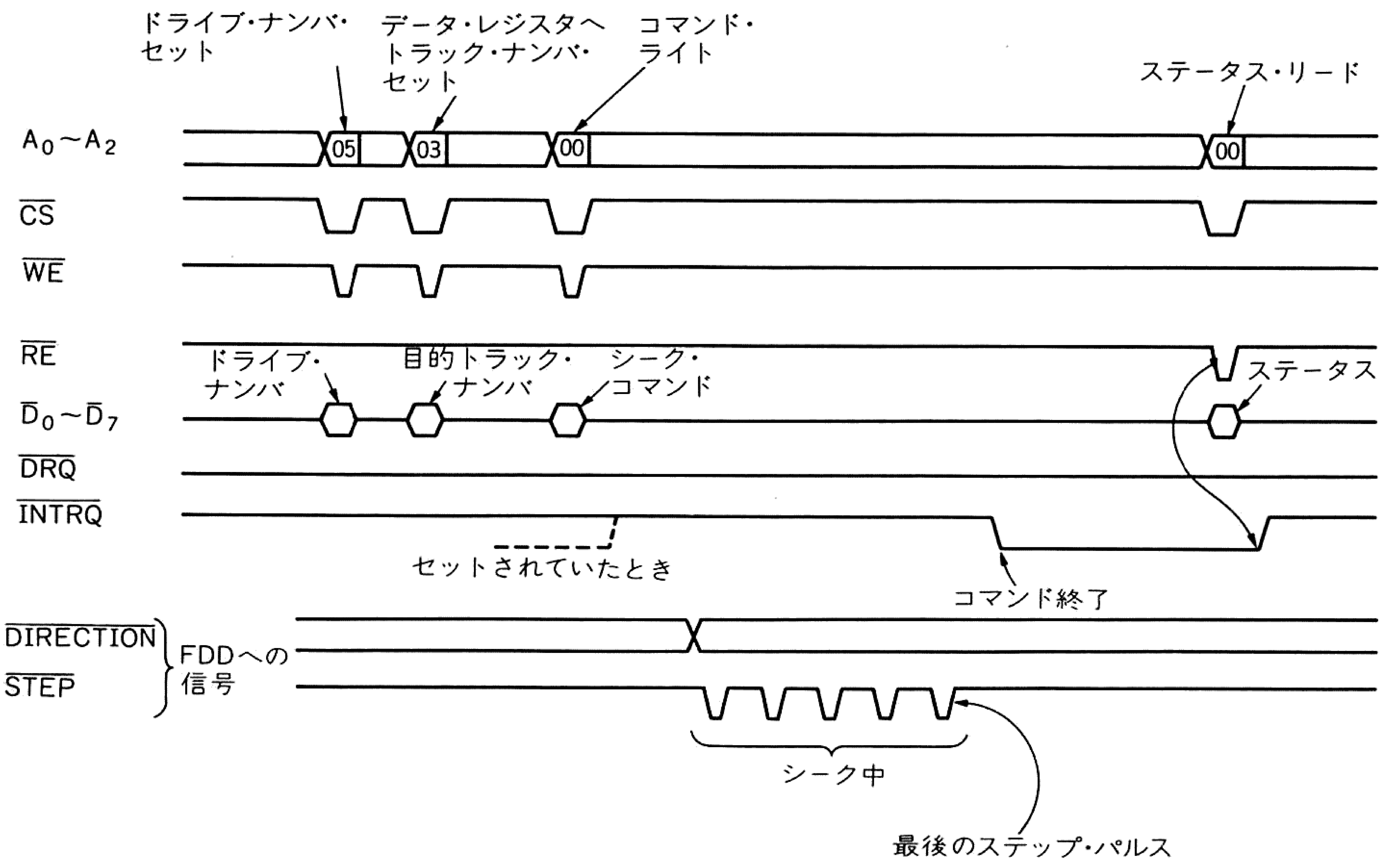
要がある.

シーク・コマンドが終了すると，インタラプト・リクエスト(IRQ)がセットされ，同時にステータス・レジスタ中のビジィ・ビットが0になる．ステータス・レジスタをCPUからリードすることでIRQはリセットされる.

② リード・データ・コマンド

図7.6にリード・データ・コマンド実行タイム・チャートを示す．ヘッド・セレクトはFDCが機能をもたないため，外部で行う必要がある．セクタ番号をセットし，リード・データ・コマンドをコマンド・レジスタに書き込むとデータ読出し動作を開始する．まずヘッドがロードされ，ヘッド・ロード・タイム(HLT)がとられたらFDCは目的のIDフィールドをさがしはじめる.

図7.5　シーク・コマンド実行タイム・チャート(ベリファイなし)

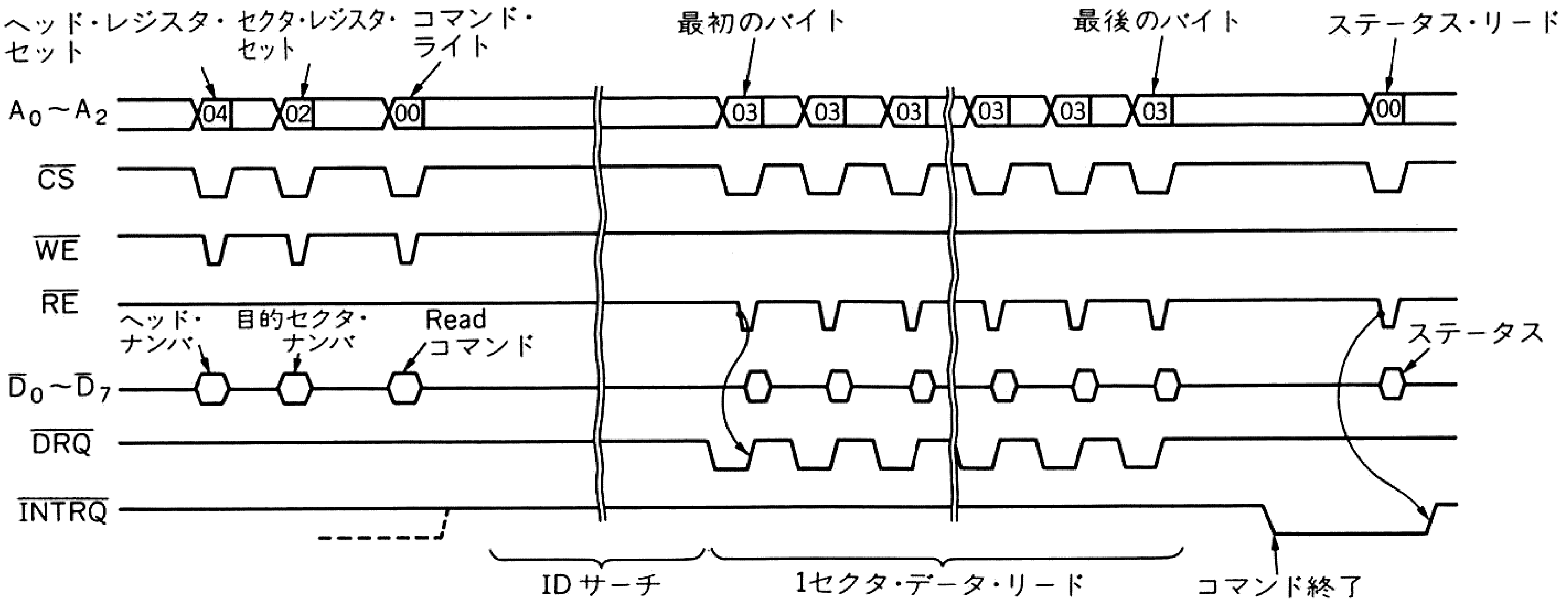


MFM記録の場合のIDフィールドのサーチはつぎの手順で行われる．

まず，RG(Read Gate)信号を“L”(VFOが高速の追尾状態になる)にしたままデータ・パターン'00'をさがす．連続して'00'4バイトをFDCが読みとるとRG信号を“H”にし，VFOを低速追尾状態に切り替え，データの読み取り状態に入る．

このあと,16バイト以内にミッシング・クロックを含んだ'A1'が3バイト見つかり，その後'FE'が見つかるとFDCはID情報の読み取りに入る．ディスクから読み取ったIDフィールドのトラック番号とセクタ番号がトラック・レジスタの数とセクタ・レジスタ数に一致すれば，つぎにCRCのチェックを行い，これもOKならそのセクタのデータを読み出す状態に入る．トラック番号かセクタ番号が一致しないときは，RG信号を“L”に戻し，つぎのIDサーチに入る．CRCチェックでエラーがみつかったら，ステータス・レジスタのCRCエラー・ビットをたててコマンドを終了する．また，もしディスク5回転以内に正常なIDが発見されないときはRNF(Record Not Found)エラーで終了する．正常なIDフィールドが発見されると，つぎはデータ・フィールドのアドレス・マークのサーチに入る．このとき，RG信号はいったん“L”になりVFOを初期セットする．これはデータ・フィールド書

図7.6 リード・データ・コマンド(m＝0)実行タイム・チャート(シーク・コマンド実行後)



き継ぎ点でVFOを再ロックさせるためである．IDフィールド・サーチと同様'00'データが4バイト読み取られるとRG信号は再び"H"になり，FDCはアドレス・マーク待ちとなる．

データ・フィールドのアドレス・マークは，IDフィールドのCRCデータ後，つぎに示す時間(バイト数)以内に検出されなければいけない．

・FM記録方式のとき：30バイト

・MFM記録方式のとき：43バイト

もしこの時間内にデータ・フィールドのアドレス・マークが検出されない場合はRNFエラーとして再びIDサーチへ戻る．これはデータ・フィールドが正常に書き込まれていないときのエラー検出のためである．また，この30バイトまたは43バイトという時間のチェックはVFOクロック(RCLK)を用いているため，VFOの発振周波数に注意する必要がある．つまりこのGap 2の部分はデータのつぎ目などがあり，必ずしもきれいな周期のデータがFDCおよびVFOに入らない．このためVFOの発振周波数が不安定になる．とくにFM記録方式においてはGap部のデータ・パターンは'FF'であり，これをVFOが'00'のつもりで追尾するとVFOの発振できる最高周波数になる可能性があり，前に書いた30バイトを超えてしまうことがある．これを防止するためには6.3で書いたように，ギャップ部ではVFOの発振周波数は中心周波数に戻すのが理想的である．逆にこのようなチェックが入っているため，トラック・フォーマットにおけるGap 2のバイト数は勝手に変更できない．

また**データ・フィールドのアドレス・マークが見つからないときも，IDフィールドが検出できなかったときと同じRNFエラーとして処理されるため**，エラー処理ではこれを考慮する必要がある．

アドレス・マークが正しく読み取られると，つぎにデータを読み取ることになる．FDDから読み取られたシリアルのリード・データはVFOによるデータ・ウィンドウ信号によりFDC内部でデータとクロックに分離される．分離されたデータ1ビットごとにCRC演算されるとともにデータ・シフト・レジスタにセットされる．データ・シフト・レジスタが8ビットでいっぱいになると1バイト(8ビット)が並列にデータ・レジスタにセットされる．このときデータ・リクエスト信号(DRQ)がONし，CPU側へ知らせる．8インチ倍密度FDDの場合，1バイトの転送時間は標準で16 μsとなるがFDCの処理時間，ディスクの回転変動などによる読取り時間変動を考慮すると最悪でも12 μs程度で，これをFDCからCPUへ取り込む必要がある．この時間内にデータを取り込まないとロスト・データ・エラーとしてコマンドは終了してしまう．この時間は，プログラムにより，つねにステータス・レジスタをリードし，DRQ信号をチェックして，DRQがONしたらデータ・レジスタからデータを取り，

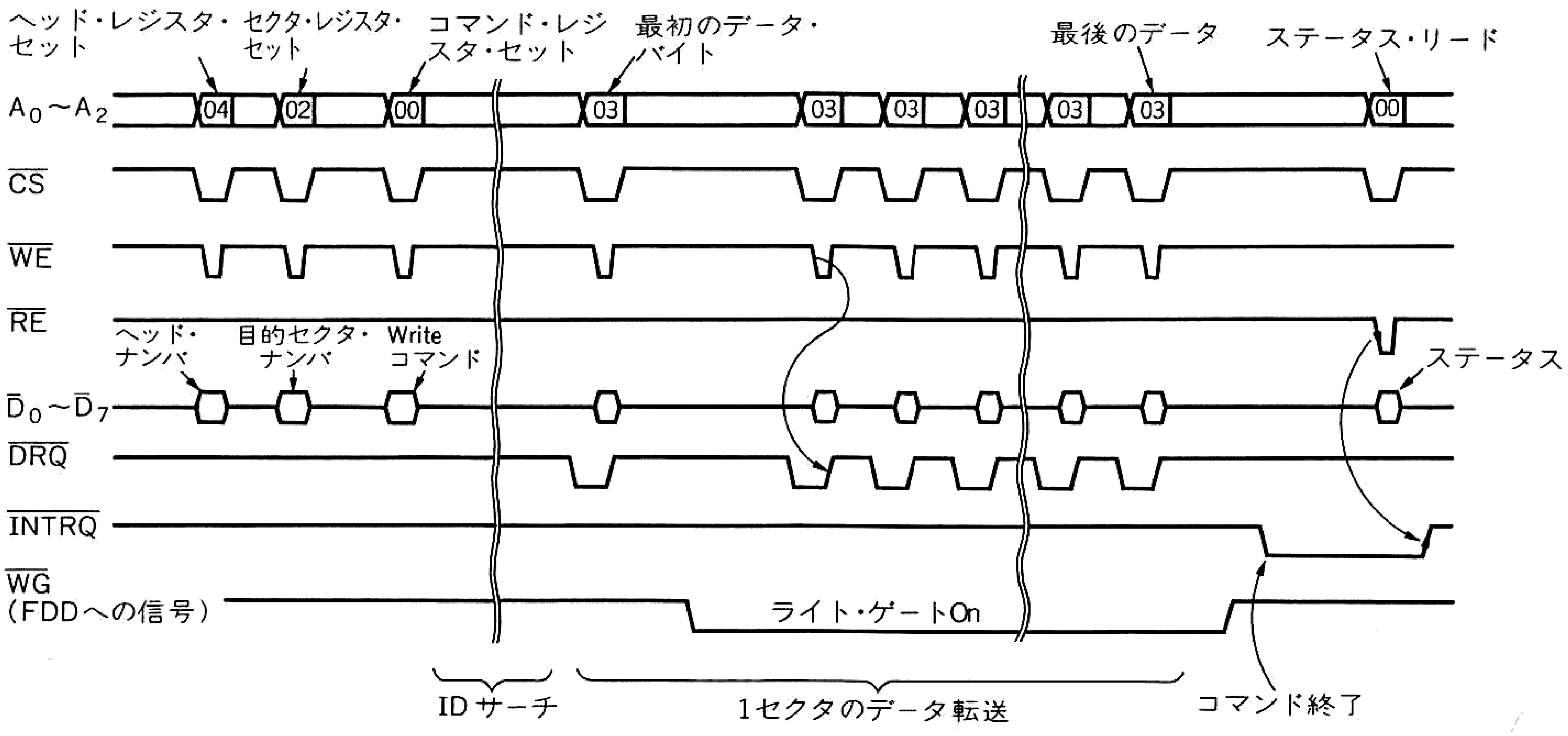
メモリへ転送するという，プログラム転送方式ではかなりむずかしい時間であり，一般的にはDMA(Direct Memory Access)LSIを用いたDMA転送が行われている．IDフィールド内のレコード長で示されたバイト数のデータ転送が終わるとFDCは自動的にCRCの演算結果をチェックし，問題なければステータス・レジスタの内容をそのままとしCRCに異常が発見されればCRCビットをセットする．その後，IRQをセットし，ステータスのBusyビットをリセットしてコマンドを終了する．

③ ライト・データ・コマンド

図7.7にライト・データ・コマンドの実行タイム・チャートを示す．コマンドが変更になるだけでIDサーチが完了するまではリード・データ・コマンドと同じである．

目的のIDフィールドが発見されると，約2バイトの時間後に1個目のDRQ信号がONし，最初のライト・データをCPUからFDCへ転送する要求がでてくる．これはCPU側に書き込むデータが用意されているかどうかをチェックする意味ももっており，このとき，8バイトの時間以内にデータの書込みが行われないとロスト・データ・エラーとしてコマンドは終了する．1バイト目のデータがCPUからFDCに正しく転送されると，FDCはID部の最後から行っていたクロック・カウントが，倍密度では22バイトのときライト・ゲート信号をONし，Syncフィールドからフォーマットで規定されたデータの書込みがディスクに対し

図7.7 ライト・データ・コマンド(m＝0)実行タイム・チャート(シーク・コマンド実行後)



開始される．Syncフィールドの'00'12バイト，ミッシング・クロックを含んだ'A1'3バイトおよびアドレス・マーク'FB'またはデリーテッド・アドレス・マーク'F8'はFDCが自動的にデータを発生し，ディスクに書き込む．最初にCPUからFDCに書き込んだ1バイト目のデータはアドレス・マーク書込みが終了したあと，はじめてディスクに対し書込みが開始される．このとき2個目のDRQ信号がONする．

書込み時は，読出し時よりFDCの内部処理時間が長く必要となり，1バイトの転送時間はDRQ信号ON後11 μs程度で行う必要がある．もしこの時間内でデータ転送が終了しないときはFDCが勝手に'00'パターンを発生し，これをディスクに書き込む．また，このときステータス・レジスタのロスト・データ・エラー・ビットをONにする．

データをプログラム転送するFDDシステムにおいて，書き込んだはずのデータが時々'00'に化けるようなときはデータの転送レートに問題がある可能性が高い．このためデータ転送ルーチンはできるだけ簡単にし，DRAMのリフレッシュ時間などによるCPUの遅れも考慮しておく必要がある．

FDCは必要なバイト数の転送が終了するとアドレス・マークの部分からスタートしたCRC演算をストップし，データに引き続いて2バイトのCRCバイトを書き込む．さらに，読出し時の最後のビットを正しくするために1バイトのギャップ・データ(ガード)を自動的に書き，コマンドを終了する．

④ ライト・トラック・コマンド

ライト・トラック・コマンドは一つのトラックのすべてのデータを書くコマンドであり，この操作はディスクのイニシャライズ，あるいはフォーマッティングとも呼ばれる．

ライト・トラック・コマンドではディスクに書き込む1トラック分すべてのデータをCPUからFDCへ与える必要がある．通常のやり方では1トラック分のデータをすべてRAM上に用意する．つまり8インチFDDシステムでは約10Kバイト，5¼インチFDDシステムでも6.25Kバイト以上必要である．このコマンドを用いれば，書込みに関しては自由なフォーマットが使用できる．1F('AA')，2F('00'または'FF')のベタ書きも可能となる．5¼インチFDDのIBMタイプ・フォーマットも，ISOフォーマットも使用できることになる．

FDCがこのコマンドを受けるとすぐに1バイト目のデータ要求を出す．このとき3バイト以内にCPUからデータを与えないと，ロスト・データ・エラーでコマンドは終了する．この3バイト以内に最初のデータが転送されると，FDCはインデクス・パルス待ちにな

表 7.8 MB8876におけるライト・トラック時のデータとその意味 [7]

(a) シングル・デンシティ ($\overline{\text{DDEN}}$＝“H”)

DR に書き込まれる内容	Write Data の出力		意味	
	データ・パターン	クロック・パターン	データの意味	FDC 内部動作
'00' 〜 'F4'	'00' 〜 'F4'	'FF' 〜 'FF'	通常のデータ	――
'F5' 'F6'	(禁 止)			
'F7'	CRC×2	'FF'	内部で作成された2バイトのCRC	ディスクへのCRC書込みをスタートする.
'F8'	'F8'	'C7'	Deleted Data Mark	CRCジェネレータをプリセットする.
'F9' 'FA'	'F9' 'FA'	'C7' 'C7'	――	CRCジェネレータをプリセットする.
'FB'	'FB'	'C7'	Data Mark	CRCジェネレータをプリセットする.
'FC'	'FC'	'D7'	Index Mark	CRCジェネレータをプリセットする.
'FD'	'FD'	'FF'	通常のデータ	――
'FE'	'FE'	'C7'	ID Address Mark	CRCジェネレータをプリセットする.
'FF'	'FF'	'FF'	通常のデータ	――

(b) ダブル・デンシティ ($\overline{\text{DDEN}}$＝“L”)

DR に書き込まれる内容	Write Data の出力	意味	
		データの意味	FDC 内部動作
'00' 〜 'F4'	'00' 〜 'F4'	通常のデータ	――
'F5'	'A1*'	IDアドレス・マーク, DATAアドレス・マークの前提データ	CRCジェネレータをプリセットする.
'F6'	'C2*'	Indexマークの前提データ	CRCジェネレータをプリセットする.
'F7'	2バイトのCRC	内部で作成された2バイトのCRC	ディスクへのCRC書込みをスタートする.
'F8' 〜 'FF'	'F8' 〜 'FF'	通常のデータ	――

(注)*はミッシング・クロックを含むことを示す.
F8, FB, FEは, A1* 3バイトに続いて各々Deleted Data Mark, Data Mark ID Address Markになる. FCはC2* 3バイトに続いた場合, Index Markになる.

る．インデクス・パルスが入るとDRQがONし，つぎのデータ要求をするとともに，先ほどの1バイト目がディスクに書き込まれる．データの転送はつぎのインデクス・パルスがONするまで続けられる．このとき使用されるデータ・パターンのうち，**表7.8**に示すものは特殊な機能をもたせてある．つまり，ミッシング・クロックを含んだアドレス・マークには，通常のデータ'C2'，'A1'などは使用できない．このときは'F6'や'F5'を使う．また，CRCの書込みは'F7'を1バイト書き込むだけで，2バイトのCRCを書き込んでくれる．**表7.9**にIBMタイプ8インチ・フォーマットの転送データの例を示す．

ディスクが1回転する時間は標準的には200 msまたは166.7 msであるが，実際には，ある程度(±2～±2.5％程度)の回転変動をもっている．このためトラックの最後のデータ(Gap 4)の長さは一定にならない．つまり，ディスクの回転が早ければGap 4は少ないバイト数になるし，遅ければ，Gap 4は長目になる．このようにGap 4の長さがその時々で変化し

表7.9　MB8876ライト・トラック時の転送データ(8インチ，MFM記録のとき)[15]

256バイト／セクタ 26セクタ／トラック		512バイト／セクタ 15セクタ／トラック		1024バイト／セクタ 8セクタ／トラック	
(バイト数)	(16進データ)	(バイト数)	(16進データ)	(バイト数)	(16進データ)
80	4E	80	4E	80	4E
3	F6 ┐インデクス	3	F6 ┐インデクス	3	F6 ┐インデクス
1	FC ┘・マーク	1	FC ┘・マーク	1	FC ┘・マーク
50	4E	50	4E	50	4E
*1 ┌ 12	00	*2 ┌ 12	00	*3 ┌ 12	00
3	F5 ┐IDマーク	3	F5 ┐IDマーク	3	F5 ┐IDマーク
1	FE ┘	1	FE ┘	1	FE ┘
1	シリンダNo.(00～4C)	1	シリンダNo.(00～4C)	1	シリンダNo.(00～4C)
1	ヘッドNo.(00, 01)	1	ヘッドNo.(00, 01)	1	ヘッドNo.(00, 01)
1	セクタNo.(01～1A)	1	セクタNo.(01～0F)	1	セクタNo.(01～08)
1	01	1	02	1	03
1	F7 ; CRC	1	F7 ; CRC	1	F7 ; CRC
22	4E	22	4E	22	4E
12	00	12	00	12	00
3	F5 ┐データ・	3	F5 ┐データ・	3	F5 ┐データ・
1	FB ┘マーク	1	FB ┘マーク	1	FB ┘マーク
256	データ	512	データ	1024	データ
1	F7 ; CRC	1	F7 ; CRC	1	F7 ; CRC
└ 54	4E	└ 84	4E	└ 116	4E
598**	4E	400**	4E	654**	4E
*1；26回くりかえす		*2；15回くりかえす		*3；8回くりかえす	

** 平均値を示す．回転変動により変化するため，コントローラがコマンドを終了するまで(Index信号がくるまで)出し続ける．

てもよいようなシステム(ソフト)にする必要がある.

タイプⅠコマンドのステップ・イン・コマンドなどでヘッドを移動しながら全トラックについてイニシャライズを行う.

7.4 WD279X-02

WD279XシリーズはFD179Xシリーズと同じ米国ウェスタン・ディジタル社が開発したFDCで，つぎのような大きな特徴をもつ.

(1) PLL(アナログ)方式のVFOデータ・セパレータを内蔵している.

(2) 書込み補償の論理回路を内蔵しており，とくに外部回路を用いずに書込み補償が行える.

(3) FD179Xシリーズとソフト的に互換性がとられており，使いやすくなっている.

(4) ハード的にもCPU側のインターフェースはFD179X-02と合わせてある．このためWD279X-02でもデータ・バスの論理の違いや，サイド切替え信号の有無により2791，2793，2795，2797の四つのモデルが用意されている.

その他についてはほぼFD179Xシリーズと同じと考えてよい.

表 7.10 WD279Xファミリ

	2791	2793	2795	2797
単密度 (FM)	○	○	○	○
倍密度 (MFM)	○	○	○	○
正論理データ・バス		○		○
負論理データ・バス	○		○	
サイド選択出力			○	○
内部クロック	○	○		

図 7.8 WD279Xのピン配列

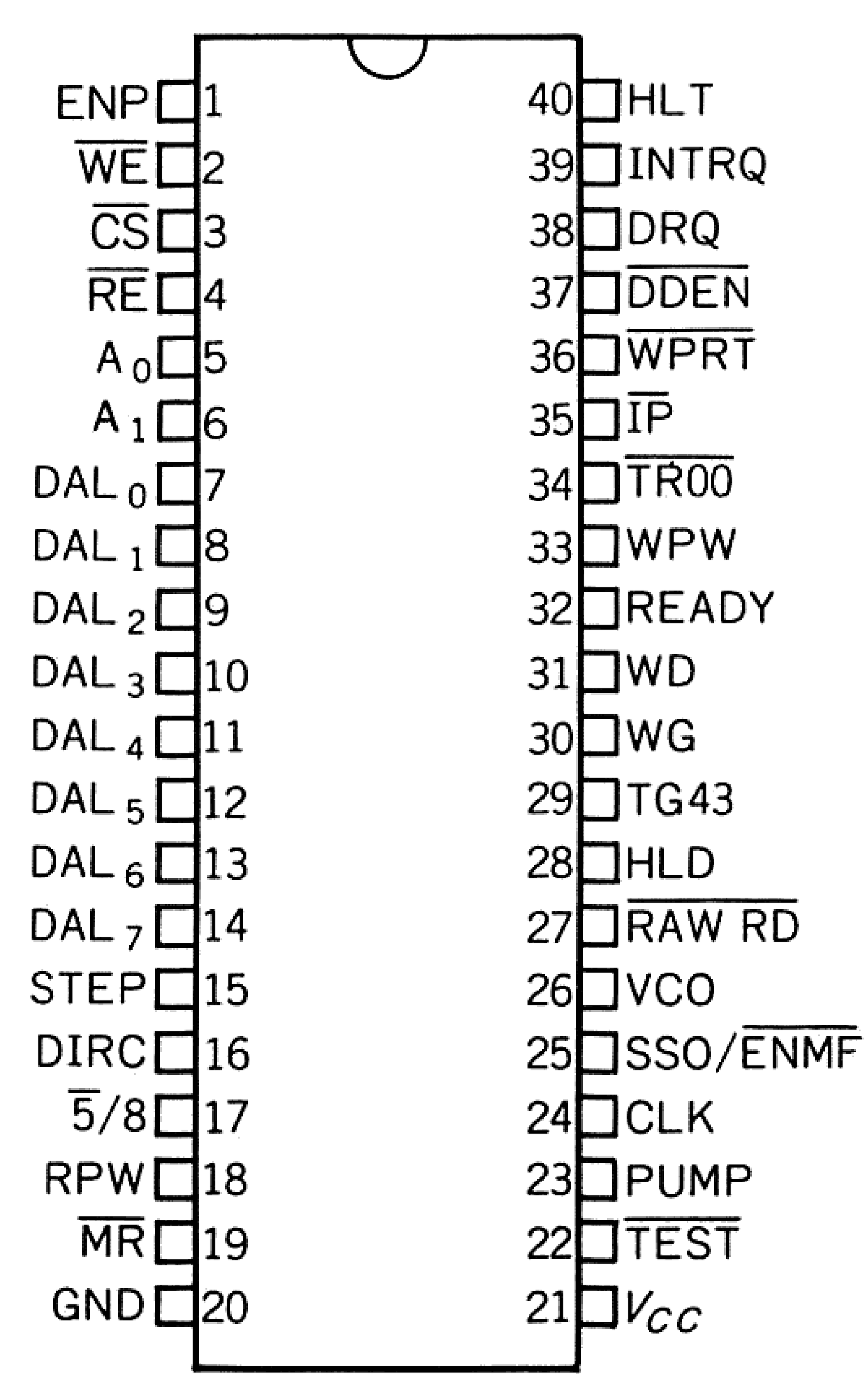


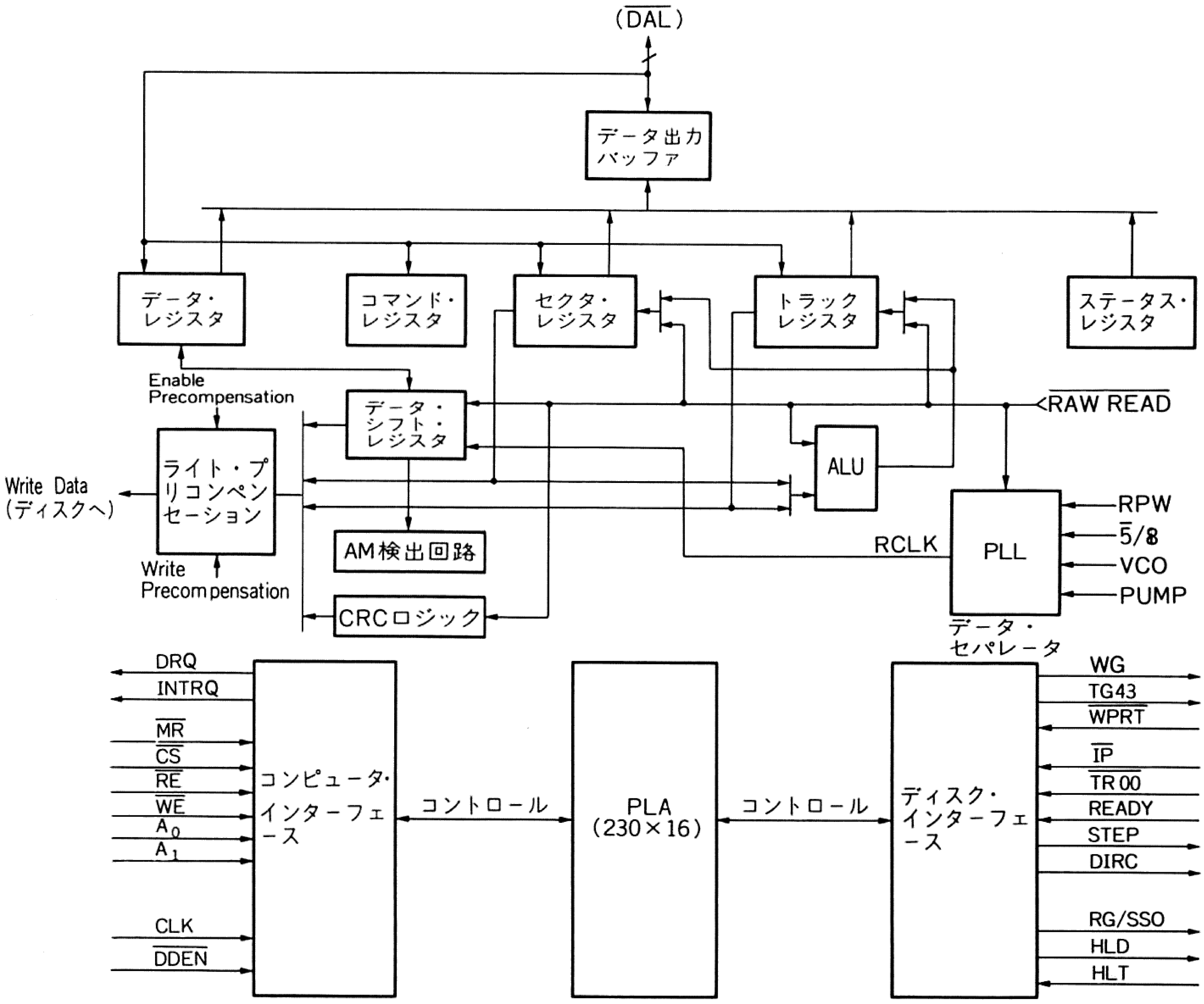
表 7.10 にWD279X 4 モデルの違いを示す．内部のクロックの分周，つまり 2 MHzのクロックを入れ，$\overline{\text{ENMF}}$(Enable Mini FDD)を切り替えるだけで，5¼インチFDDも 8 インチFDDも使用できる機能以外はFD179Xと同じである．

図 7.8 がWD2791-02 の端子配列である．CPU側のピンおよびFDDへ直結されるほとんどのピン配列はFD1791 と同じになっている．25 番ピンは 2791 と 2793 で先ほど書いた $\overline{\text{ENMF}}$となり，2795，2797 ではSSO(Side Select Output)として使用されている．

図 7.9 がWD279Xシリーズの内部ブロック図である．FD179Xに書込み補償回路，VFO 回路が追加されている．

図 7.10 がCPUおよびFDDとのインターフェース略図である．FDCの外付け部品として

図 7.9　WD279Xのブロック図



必要なものは，リード・データ・パルス幅調整用および書込み補償量調整用可変抵抗が2個，VCOの発振周波数調整用のトリマ・コンデンサおよび位相比較器出力の積分フィルタ用としてコンデンサ，抵抗，ダイオードである．

WD279XはMFMモード($\overline{\mathrm{DDEN}}=0$)になると自動的にライト・データ(WD)に書込み補償がかけられる．各ビットのずらす方向は**6.4**で説明したものと同じである．

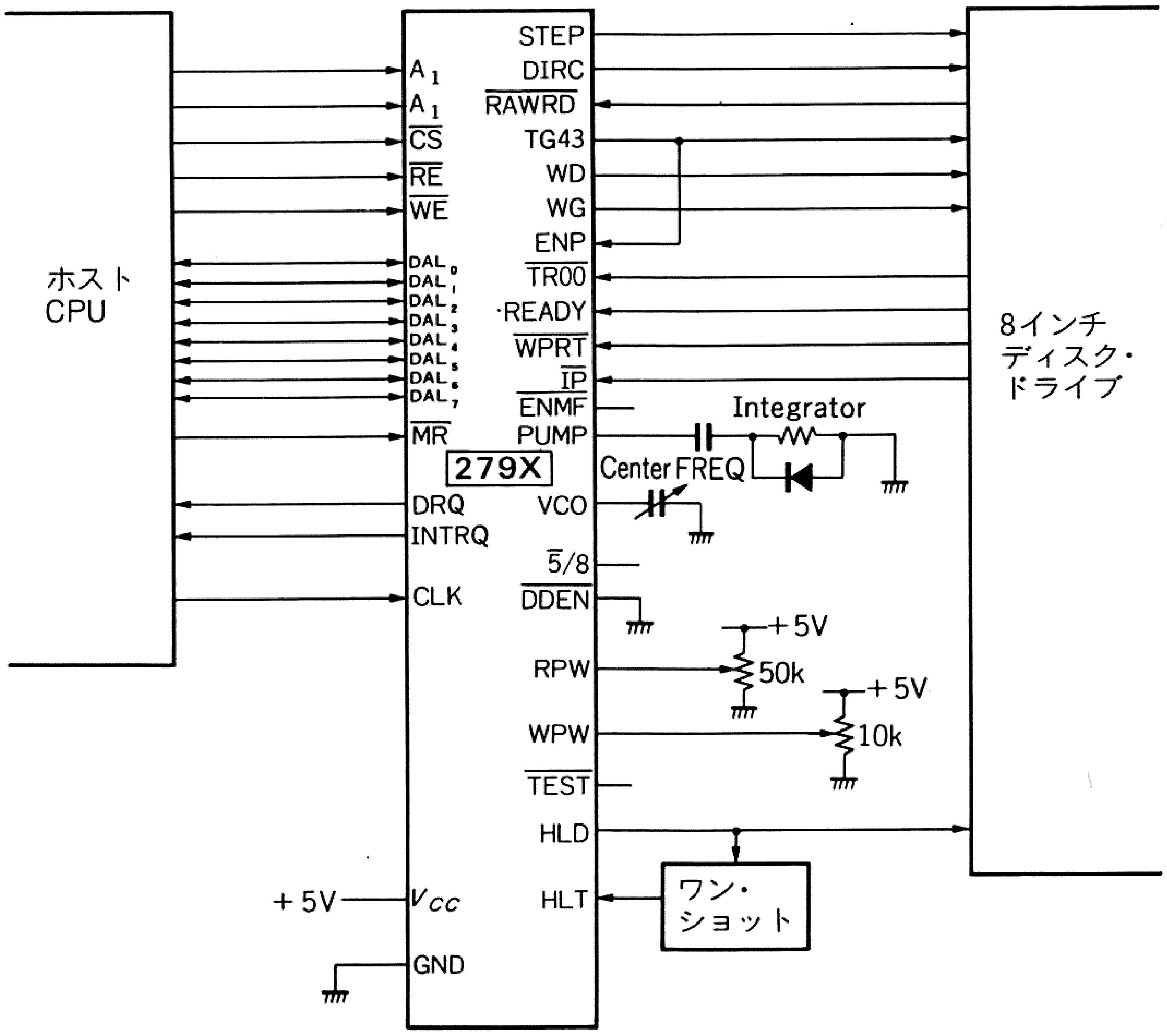
補償量の設定はWPW端子(33ピン)に接続された抵抗値による．通常100～300nsの間に設定できる．

WD279Xが内蔵しているVFOはアナログ方式のゲイン・コントロールのないものである．VCOも内蔵しているが，これは外部のものも使用できるようになっている．

可変抵抗，コンデンサの調整は$\overline{\mathrm{TEST}}$端子(22番ピン)により調整モードを設定し行う．

これらの書込み補償およびVFO回路は，第8章で説明する外置きVFO・IC WD1691，WD2143-01の相当回路とVCOを内蔵したものと思われる．

図7.10 WD279Xのインターフェース・ブロック図



7.5　WD1770/1772

WD1770シリーズはウェスタン・ディジタル社が開発した5¼インチFDD専用のFDCで，つぎのような特徴をもつ．

(1) 5¼インチFDD専用とし，機能をはぶくことで28ピンの小型パッケージとなった．もちろん5¼インチFDDと同じフォーマット，転送レートのマイクロFDDにも使用できる．

(2) ディジタル・タイプのデータ・セパレータを内蔵しており外部回路が不要となった．

(3) 書込み補償回路を内蔵している．ライト・コマンドの中のP(Write Precompensation)ビットのセットにより125 nsの書込み補償がかけられる．

(4) 最近のステップ・レートの速いFDD用に高速ヘッド送りのできるWD1772が用意された．これは従来5¼インチ・モードでウェスタン・ディジタル系のFDCはヘッド送りが6 ms，12 ms，20 ms，30 msだったのに対し，2，3，5，6 msと高速化したものである．

図7.11に端子配列，図7.12にインターフェース・ブロック図，図7.13に内部ブロック図を示す．

図7.11　WD1770ピン配列

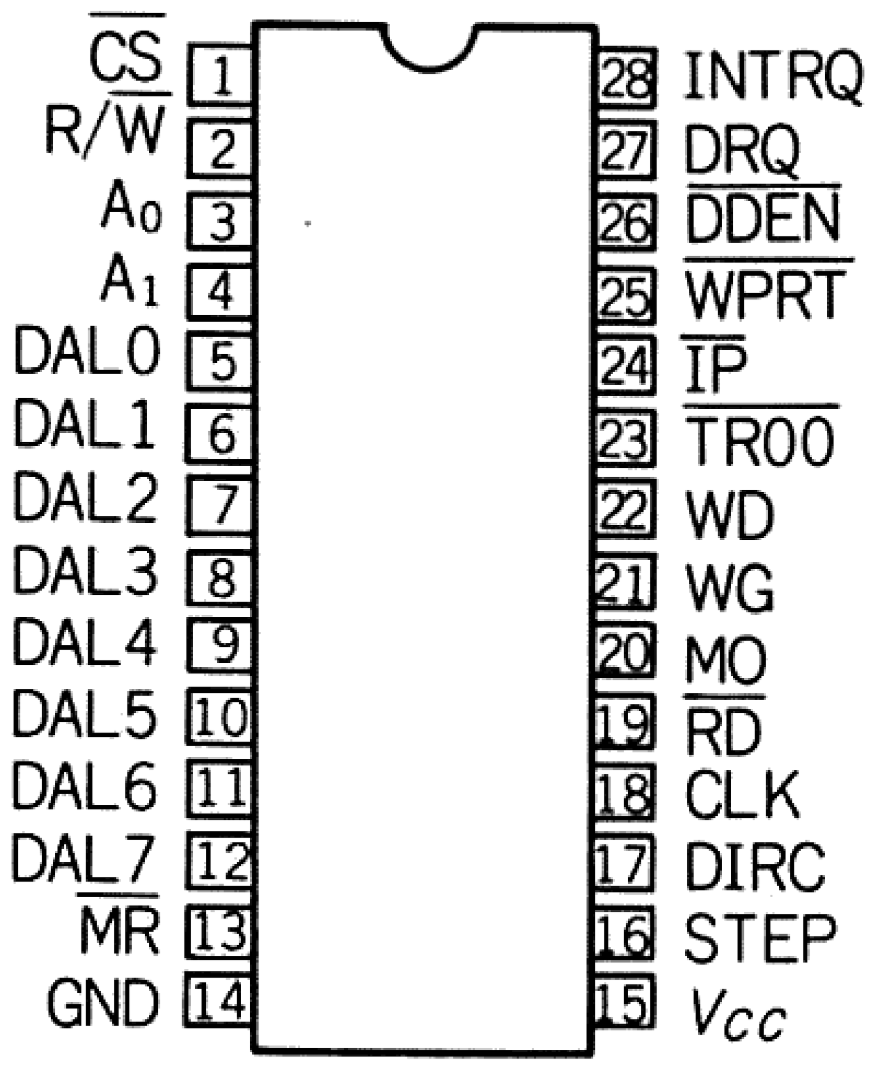
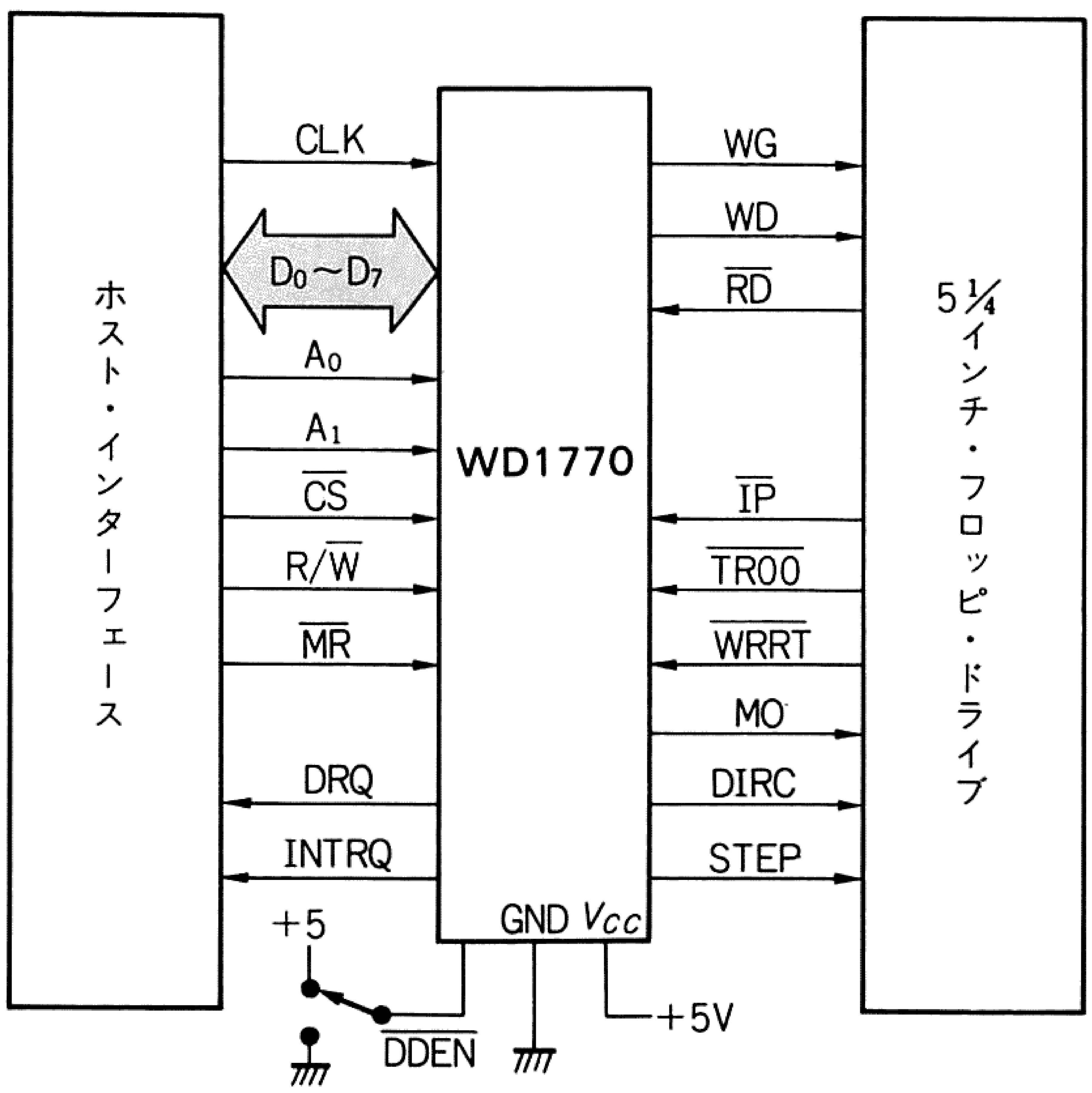


図7.12　WD1770インターフェース・ブロック図



WD279Xがそうだったように，このWD1770/2 もFD179Xとほとんど同じCPUインターフェースになっている．もちろんコマンド類もほぼ互換性が保たれており，使いやすい．

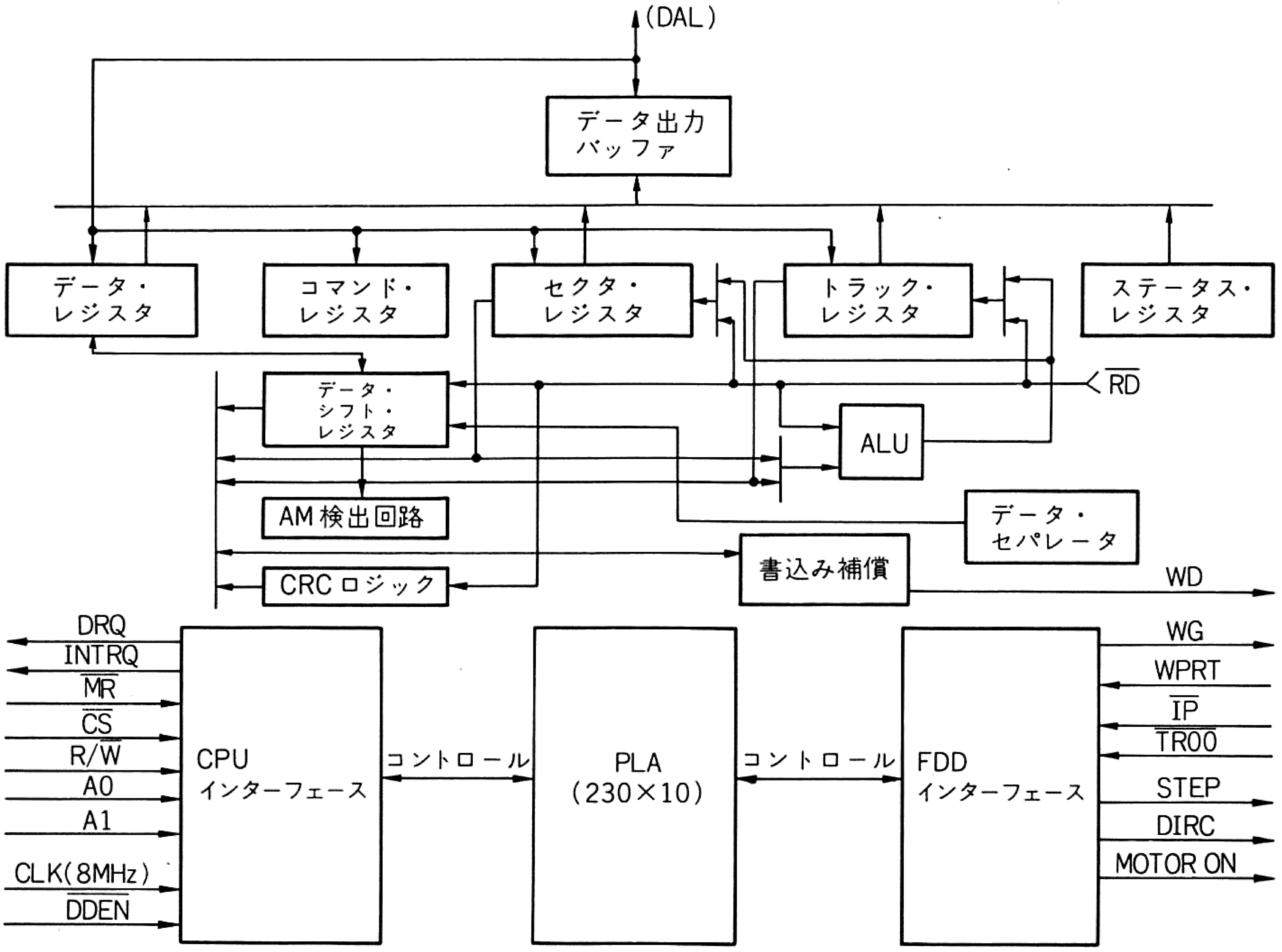
FDD側はピン数の制約もあり，かなり省かれている．ヘッド・ロード信号もない．クロックはディジタル型データ・セパレータの分解能を上げるため8MHzを必要とする．

内蔵されたVFOは**8.9**で説明するSMC社の9216相当が組み込まれているようである．このVFOの説明は後述する．このような小型FDCで，アナログ型のVFOを内蔵したFDCの発表を期待したい．また，システムの低消費電力化にあわせCMOS型で低消費電力のフラット・パッケージに入るようなFDCが今後，システムの小型化，バッテリ駆動化にあわせ必要になるのではないだろうか．

7.6 μPD765 シリーズ

μPD765は，NECが開発したFDCで，つぎのような特徴がある．

図7.13 WD1770ブロック図



(1) 両面，4台のFDDを想定した設計になっており，I/Oポートなどによるドライブ・セレクト，ヘッド・セレクトのコントロールは不要.

(2) イニシャライズ・データ(トラック・フォーマット・データ)を内蔵しており，ID情報のみの書込みでこれを実行できる.

(3) IBMの単密/倍密フォーマットすべてはもちろん，これを発展させた2K，4K，8Kバイト/セクタなども使用できる．またμPD745/7265は5¼インチ用ISOフォーマットが使用できる.

(4) データ・スキャン機能によりセクタ内容の大小比較ができる.

(5) 接続されたFDD(4台まで)の同時シークができる.

など，非常に多機能である．ただ，多機能すぎてか，コマンド類が非常に複雑で，その使用にあたってはじっくりとマニュアルを読む必要があろう.

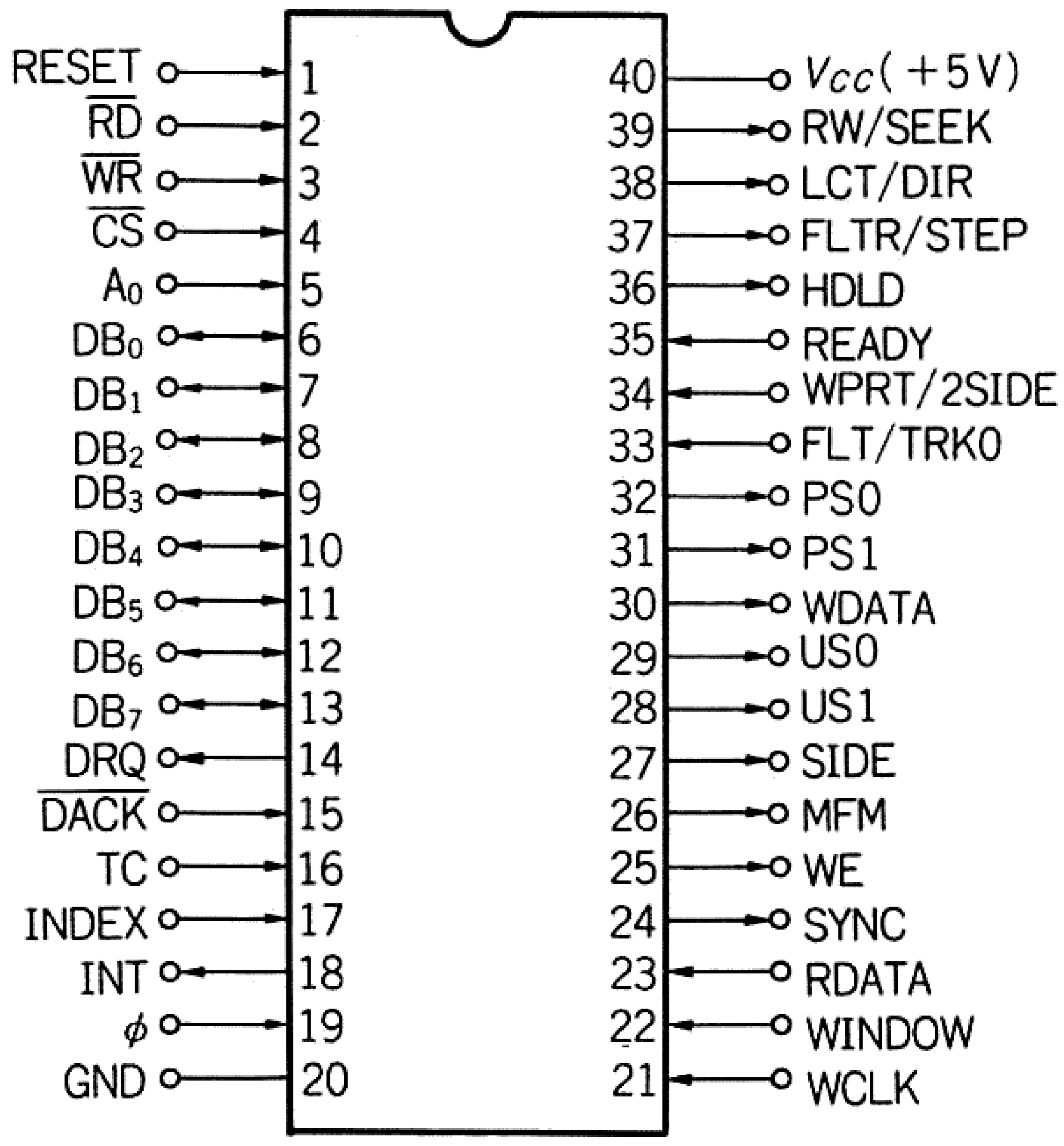
μPD765は一部改良され，現在はμPD765Aとなっている．改良点はつぎのとおり.

(1) インデクス信号後の読取り不能時間を1.8 msから0.6 msへと短くした(実際にはこれでも問題がある．詳細は次項で説明する).

(2) FMフォーマットでギャップのデータを'00'で書いたディスクを読み取れるようにした．μPD765では読み取れなかった.

また5¼インチFDDおよびマイクロFDD用としてイニシャライズ時のフォーマットを一部変更して5¼インチFDD用ISOフォーマットとしたμPD745，およびμPD745のリキャ

図 7.14　μPD765 シリーズ端子配列



リプレート・コマンド時のステップ数を255に変更したμPD7265が新たに用意された(表7.3参照)．これらの機能以外はμPD765Aとまったく同一となっている．通常の使用にあたっては，フォーマットさえしなければどのFDCでも書込み/読出しは可能である．

μPD765Aの内部構成を図7.15に示す．FDCの左側に書いたものがCPUに，右側がFDDに接続されるものである．図7.14にピン配列を表7.11に端子名一覧表を示す．

レジスタは基本的にはデータ・レジスタとステータス・レジスタの二つに分けられ，アドレス・ラインA_0によって選択される(表7.12)．ステータス・レジスタはFDCの状態を示すもので，CPUはつねにこれを読み取りながら，FDCをコントロールする必要がある．これは，コマンド終了時にセットされるリザルト・ステータスとは別のものである．表7.13にステータス・レジスタのビットの意味を示す．データ・レジスタは，トラック，ヘッド，セクタなどのコマンド実行に際して必要なデータのためのレジスタも含む．これらのデータは，CPUからFDCにコマンドを与えたあとに，引きつづいてFDCからの要求信号RQM (Request for Master)にしたがって，CPUからFDCに書き込む．

FDCの動作は大きく分けると，三つになる．最初が，①コマンドを設定するコマンド・フェーズで，このときコマンドの書込みに引き続き，必要な情報をデータ・レジスタに指定された順番に書き込む．つぎが，②エグゼキューション・フェーズで，コマンド実行中

表7.11　μPD765シリーズ端子名の説明

端子名	説明	端子名	説明
RESET	Reset	WE	Write Enable
$\overline{RD}$	Read	MFM	MFM Mode
$\overline{WR}$	Write	SIDE	Side Select
$\overline{CS}$	Chip Select	US0, US1	Unit Select
A_0	A_0	WDATA	Write Data
$DB_0 \sim DB_7$	Data Bus	PS0, PS1	Pre-Shift
DRQ	DMA Request	FLT	Fault
$\overline{DACK}$	DMA Acknowlege	TRK0	Track 0
TC	Terminal Count	WPRT	Write Protected
INDEX	Index	2SIDE	Two Side
INT	Interrupt Request	READY	Ready
ϕ	Clock	HDLD	Head Load
GND	Ground	FLTR	Fault Reset
WCLK	Write Clock	STEP	Step
WINDOW	Data Window	LCT	Low Current
RDATA	Read Data	DIR	Direction
SYNC	VFO Synchronize	RW/SEEK	Read Write Seek

図 7.15　μPD765 シリーズのブロック図

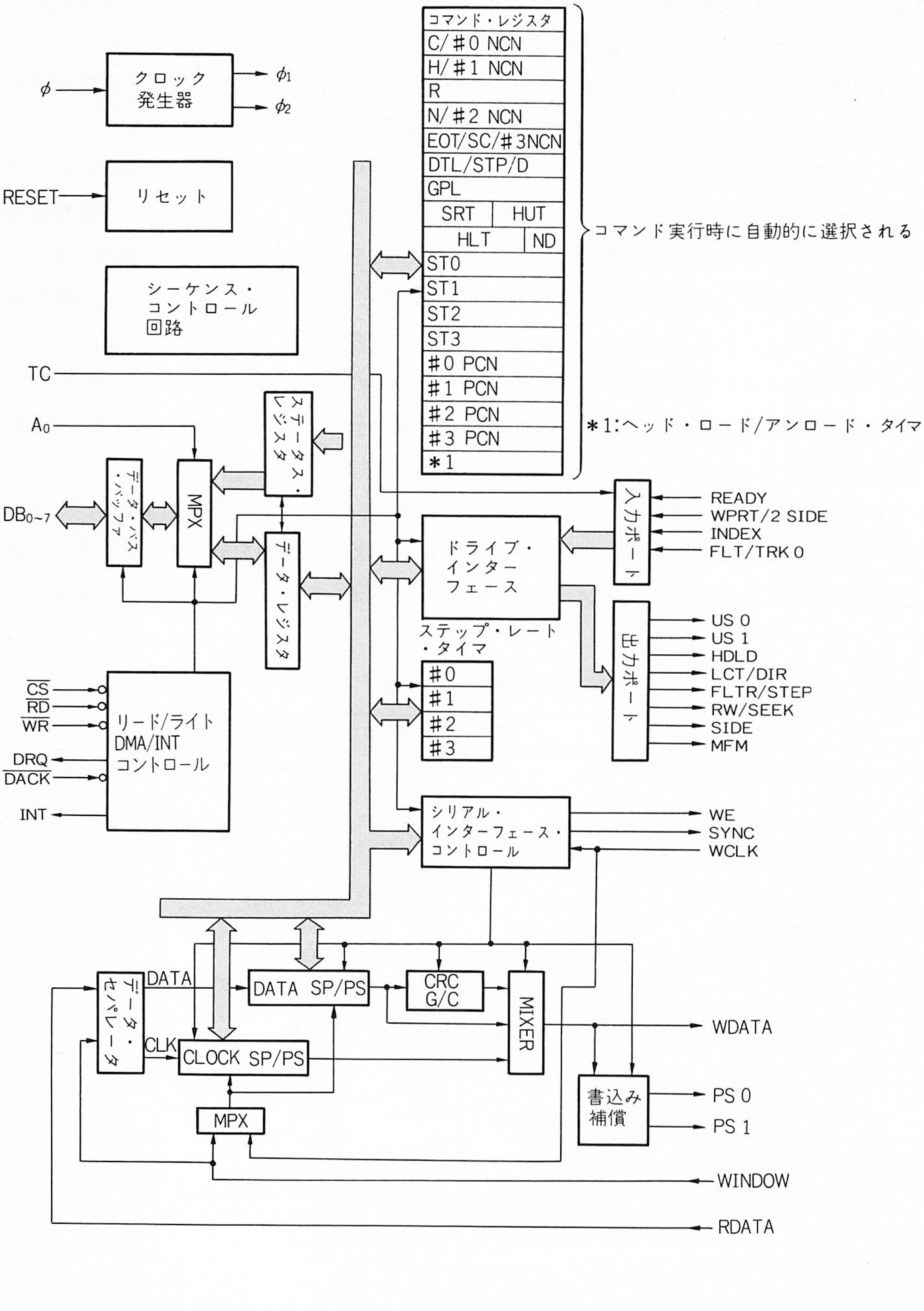


表 7.12 μPD765 レジスタ・アドレス

A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	動　　　作
0	0	1	ステータス・レジスタ・リード
	×	0	禁　止
1	0	1	データ・レジスタ・リード
	1	0	データ・レジスタ・ライト

表 7.13 μPD765 ステータス・レジスタ

ビット番号	名　称	略　称	内　　　容
D_0	FD0 Busy	D0B	デバイス＃0が SEEK コマンドによるシーク動作を実行中であるか，シーク動作終了の割込み要求を保留中であることを示す．
D_1	FD1 Busy	D1B	デバイス＃1についてD0ビットの内容と同様．
D_2	FD2 Busy	D2B	デバイス＃2についてD0ビットの内容と同様．
D_3	FD3 Busy	D3B	デバイス＃3についてD0ビットの内容と同様．
D_4	FDC Busy	CB	FDC が Command Phase, Result Phase, またはリード／ライト・コマンドの Execution Phase を実行中であることを示す．このビットがセットされているときは，他のコマンドは受け付けられない．
D_5	Non-DMA Mode	NDM	FDC が Non-DMA モードでデータ転送中であり，メイン・システムに対してサービスを要求していることを示す．
D_6	Data Input/Output	DIO	データ・レジスタを介して転送するデータの方向を示す．“0”のときはメイン・システムから FDC の方向，“1”のときは FDC からメイン・システムの方向を示す．なお，データ・レジスタの状態は RQM（D_7 ビット）が示す．
D_7	Request for Master	RQM	FDC からメイン・システムへ転送すべきデータがデータ・レジスタにロードされていること，またはデータ・レジスタが空で，メイン・システムから FDC へ転送するデータをデータ・レジスタに書き込んでもよいことを示す．データの方向を示す DIO(D_6 ビット）の状態により，つぎの働きをする． DIO＝0のとき： メイン・システムから FDC へデータを転送する場合で，メイン・システムが FDC のデータ・レジスタにデータをセットしたとき（$\overline{WR}$=0）に RQM は0となり，FDC がそのデータを引き取ったとき1となる． DIO＝1のとき： FDC からメイン・システムへデータ転送する場合で，FDC がデータ・レジスタにデータをセットしたとき1となり，メイン・システムがそのデータを引き取ったとき（$\overline{RD}$=0）0となる．

を意味し，データの転送などを行う．最後が③リザルト・フェーズであり，コマンドの結果をFDCからCPUへ読み出すモードである．

たとえばRead Dataコマンドでは，コマンド・フェーズで9回(9バイト)，12パラメータを書き込む必要がある．エグゼキューション・フェーズでは読み出したデータの転送要求がINT信号またはDRQ信号により行われ，CPUは必要に応じてデータを取り込む．TC (Terminal Count)信号は，CPU側からの読み書き動作(コマンド)に対する終了指示信号である．

最後のリザルト・フェーズではコマンド終了によりセットされた3バイトのリザルト・ステータスと4バイトの最終ID情報を読み取り，エラーの有無のチェックを行い，エラーがなければ終了となる．ID読出しのリトライに関してはMB8876 などのように自動的には

図 7.16　μPD765Aのシステム・ブロック図

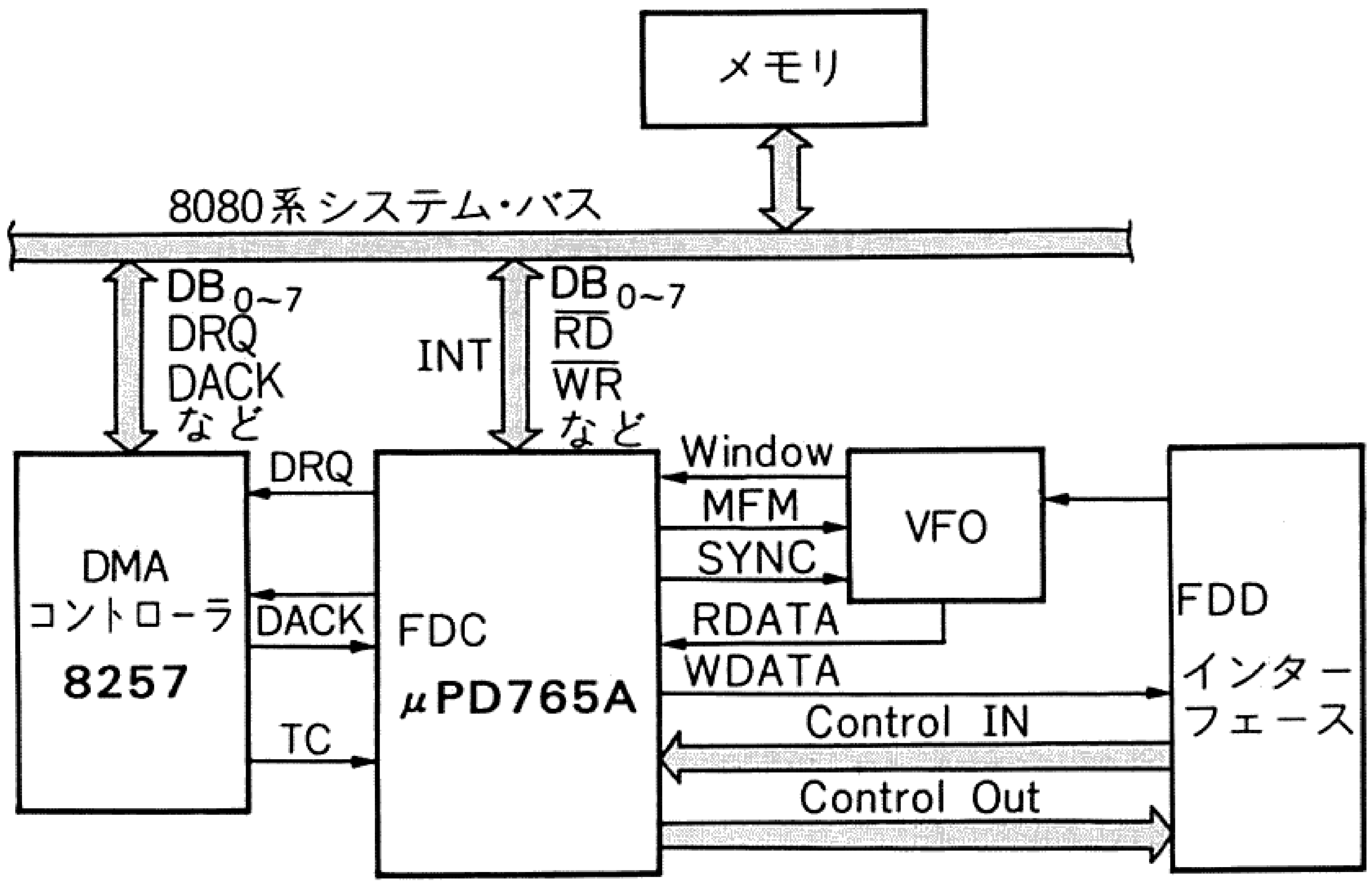


表 7.14　μPD765AのFDD側に関係する信号

μPD765A 信号名	FDD インターフェース信号
READY	Ready
WPRT	Write Protect
2SIDE	Disk 2 Sense
INDEX	Index
FLT	File Unsafe
TRK0	Track 00

(a) Control In (FDC←FDD)

μPD765A 信号名	FDD インターフェース信号
WE	Write Gate
HDLD	Head Load
SIDE	Head Select
LCT	Low Current
DIR	Direction
FLTR	Unsafe Reset
STEP	Step

(b) Control In (FDC→FDD)

行われないためCPU側のソフトでチェックする必要がある.

FDD側に関係した信号は，MB8876にくらべ装置選択信号US 0，US 1，ディスク面の選択信号SIDEなどが増えたほか，単密度と倍密度の切替え信号MFMが，コマンドによってFDCからVFOへ出力される.

図7.16にμPD765AとFDDおよびCPUを接続するブロック図を示す．この図でControl In，Control Out信号が直接FDDにゆく信号で，これらについて**表7.14**に内容を示す.

表7.14以外の信号については，**表7.15**に示す．また**表7.16**にコマンドの一覧表を示すが，詳細はμPD765Aのマニュアルを参照してほしい.

7.7 FDC使用上の注意事項

以上，説明したように使いやすくなっているFDCではあるが，FDDと実際に組み合わせたとき発生するいくつかの問題点について説明する.

表7.15 μPD765AのFDD側に関係する信号(FDDに直接接続できないもの)

<table>
<tr><th>端子名</th><th>In/Out</th><th>機能</th></tr>
<tr><td>US 0.1</td><td>Out</td><td>ドライブ選択信号．これをデコードすることにより，4台までのFDDの選択信号となる.</td></tr>
<tr><td>MFM</td><td>Out</td><td>VFO回路の動作モードを指定する信号．“1”のときMFMモード，“0”のときFMモードを指定する.</td></tr>
<tr><td>SYNC</td><td>Out</td><td>VFO回路の動作モードを指定する信号．“1”のときリード動作を許可し，“0”のときリード動作を禁止する.</td></tr>
<tr><td>RW/SEEK</td><td>Out</td><td>ドライブ・インターフェース信号のうち，リード/ライト用とシーク用を兼用している信号を区分けするための信号．“0”のときRW，“1”のときSEEK.</td></tr>
<tr><td>WDATA</td><td>Out</td><td>ドライブへの書込みデータで，クロック・ビットとデータ・ビットから構成されている信号.</td></tr>
<tr><td>WCLK</td><td>In</td><td>ドライブへの書込みデータのタイミング信号で，FMモードのときは500 kHz，MFMモードのときは1 MHz.</td></tr>
<tr><td>PS 0.1</td><td>Out</td><td>MFMモードで書き込むとき，リード時のマージンを得るため，書込みデータを一定時間早めるか，遅らせるかを指定する信号．WDATA信号を次表のように制御指定する.
<table>
<tr><th>PS 0</th><th>PS 1</th><th>FM</th><th>MFM</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>そのまま</td><td>そのまま</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>—</td><td>LATE 225～250ns</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>—</td><td>EARLY 225～250ns</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>—</td><td>—</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>RDATA</td><td>In</td><td>ドライブからの読出しデータで，クロック・ビットとデータ・ビットから構成されている信号.</td></tr>
<tr><td>Window</td><td>In</td><td>VFO回路において作られる信号で，RDATAをサンプルするために使用される．RDATAのデータ・ビットとWindow信号との位相同期はFDC内で行われる.</td></tr>
</table>

(1) '00'ギャップ・ディスク問題

現在のIBMフォーマットにおけるFM記録のギャップ部データ・パターンは'FF'となっており，シンク・フィールドの'00'パターンと異なっているが(図5.7参照)，初期の片面・単密度IBMフォーマットではギャップ部のデータ・パターンがシンク・フィールドと同じ'00'になっていた．現在，販売されているディスクではこのような古いフォーマットのものはないと思うが，当初作られたシステム，たとえばデータ・エントリ・システムIBM 3740などがもっているイニシャライズ・データは今もギャップ・パターン'00'になっており，これがイニシャライズするディスクのギャップ・パターンは当然'00'になる．

このギャップ・パターン'00'のディスクからデータが読めないFDCがある．μPD765およびFD1791シリーズからFD1795, FD1797を除いたすべてが該当する．富士通のMB887Xシリーズも，同様に読取りができない．これらのFDCがギャップ・パターン'00'のデータを受けるとRNFエラーとして処理される．この不具合に対しては対策回路はなく，ギャップ・

表7.16　(1)μPD765のコマンド

READ DATA	ホスト・システムで指定されるセクタのデータ・フィールドからデータを読み出す．連続的にデータを読み出すマルチ・セクタ，両面を連続して処理するマルチ・トラック機能がある．AM (Address Mark) 検出，CRCチェックなどは自動的に行われる．1バイト毎のデータ転送はFDCから転送要求が出てから，8インチ，MFM/FMで27μs/13μs以内にする必要がある．
READ DELETED DATA	DDAM (Deleted Data Address Mark) をもつセクタからデータを読み出す．詳細はRead Dataコマンドと同じ．
WRITE DATA	ホスト・システムから指示されるセクタにデータを書き込む．書き込まれるデータ以外の情報（シンク・フィールド，AM，CRC，ガードなど)はFDCが自動的に発生する．マルチ・セクタ，マルチ・トラック機能がある．
WRITE DELETED DATA	DDAMをもつデータを書き込む．詳細はWrite Dataコマンドと同じ．
READ ID	ヘッドの位置するトラック情報をディスクから読み出すコマンド．コマンドがONしてから最初に見つかったID情報がコマンド終了後，リザルト・ステータス情報として読み出せる．
WRITE ID	トラック・フォーマットを書き込むコマンド．あらかじめセクタ数，セクタ長，ギャップ長，データ・パターンをセットしてコマンドを出せば，あとは各セクタのID情報 (C, H, R, N) の4バイト×セクタ数だけのデータ転送で1トラックのフォーマットが書き込める．
READ DIAGNOSTIC	トラックに正しく書き込まれているかどうかのチェックを行うコマンド．Read Dataコマンドと似ているが，つぎの点が異なる．IDまたはデータ・フィールドにCRCエラーがあっても読み取る．正しいID情報でなくてもデータを読み取る．DDAMを無視して処理する．

パターン'00'で問題ないシステムで，ギャップ・パターン'FF'のディスクにデータをコピーしてもらうか，FDCを変更するしかない．

(2) 5¼インチFDD使用時のステップ・レート

μPD765シリーズではステップ・レートが5¼インチFDD用で，2 msから32msまで2 ms単位で指定できるが，FD1791シリーズでは6，12，20，30msの4通りしか使用できない．このため5¼インチ倍トラックFDDやマイクロFDDのように3 msのステップ・レートをもつFDDでは，その高速性が発揮できない．また最高速の半分程度の速度では，ヘッド移動

表7.16 (2)μPD765のコマンド

SCAN EQUAL	セクタに書き込まれているデータが，メイン・システムのもつデータと一致しているかどうかをチェックするコマンド．指定されたセクタより開始し1バイトごとに読み取ったデータとシステムからのデータを比較する．全バイト一致していれば終了．一致していなければ，自動的につぎのセクタの比較をする．システムはそのつどデータを転送する必要がある．ベリファイ・リードに使用できる．
SCAN LOW OR EQUAL	Scan Low or Equalと同じだが，比較条件がディスクのほうがシステムより小さいか等しいときを正常終了とする．最初に比較するバイトを最上位桁とし，大小の決定は一致していないバイトのうち，最初のもので行われる．
SCAN HIGH OR EQUAL	Scan Low or Equalと同じだが，比較条件がディスクのほうがシステムのデータより大きいか等しいときを正常終了とする．
SEEK	ヘッドを目的のシリンダまでシーク（移動）させるコマンド．コマンド実行中（E phase）ではFDCがNon-Busyとなるため4台までのFDDに対しつぎつぎにコマンドを出すことができる．つまり同時シークができる．シーク後のトラック番号チェック（ベリファイ）はない．
RECALIBRATE	ヘッドを0シリンダへシークさせるコマンド．765/745では77ステップ，7265では255ステップ外周方向へシークさせる．この間にトラック00信号がONすればそこで停止し，正常終了になる．765/745で80シリンダのFDDを動作するときはこのコマンドは2回連続して出す必要がある．
SENSE INTERRUPT STATUS	Seek および Recalibrate コマンドのステータスを読み出すコマンド．FDDの状態遷移時の割込みによるステータス変化もチェックできる．
SENSE DEVICE STATUS	セレクトしているFDDの状態（Readyか，書込み禁止か，トラック00か，両面ディスクかなど）を読み出す．
SPECIFY	FDCの各種時間設定，動作モードの初期設定を行う．主なものは，HUT (Head Unload Time), SRT (Step Rate Time), HLT (Head Load Time)などの時間設定，データ転送方式（DMAかプログラムか）の設定など．
INVALID	定義されていないコマンドが与えられたとき，FDC，FDDの状態の基本的な情報が読み出せる．

が振動的になり耐久性上の問題があるし，移動音もやや高くなり，耳ざわりである．この対策として，ヘッド移動時のみFDCのクロック周波数を倍に切り替え，高速送りをする方法がある．この回路例を図7.17に示す．注意しないといけないのは，FDCのクロックを切り替えるとき，クロック信号にひげパルスが出ないようにすることである．ひげパルスが出るとFDCが容易に誤動作する．図7.17ではこの問題はない．

(3) インデクス信号後の読取り不能時間

μPD765シリーズでは表7.3に示す時間インデクス信号のあと，データを読み取らないモードをもっている．これはVFO Sync信号コントロールのためだそうである．この時間は，自分でイニシャライズしたような標準的なフォーマットであれば，プリ・アンブル部内であり，ここが読み取れなくても問題とはならないが，各FDDの間ではインデクス信号検出器の位置と，ヘッドのR/Wギャップの位置は多少ずれており，図7.18に示すように，

図7.17　ステップ・レート高速化回路(FD1791シリーズ用)

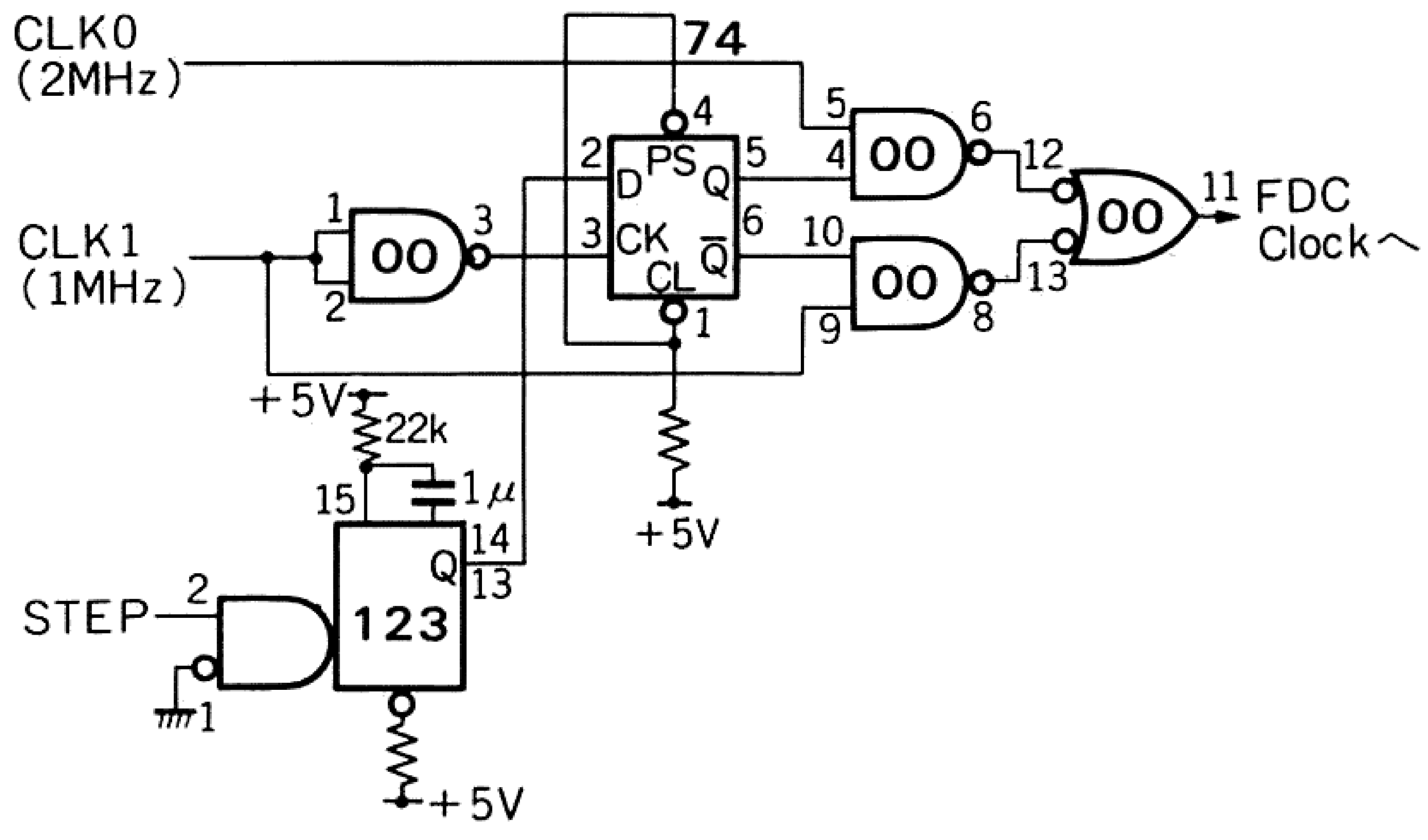
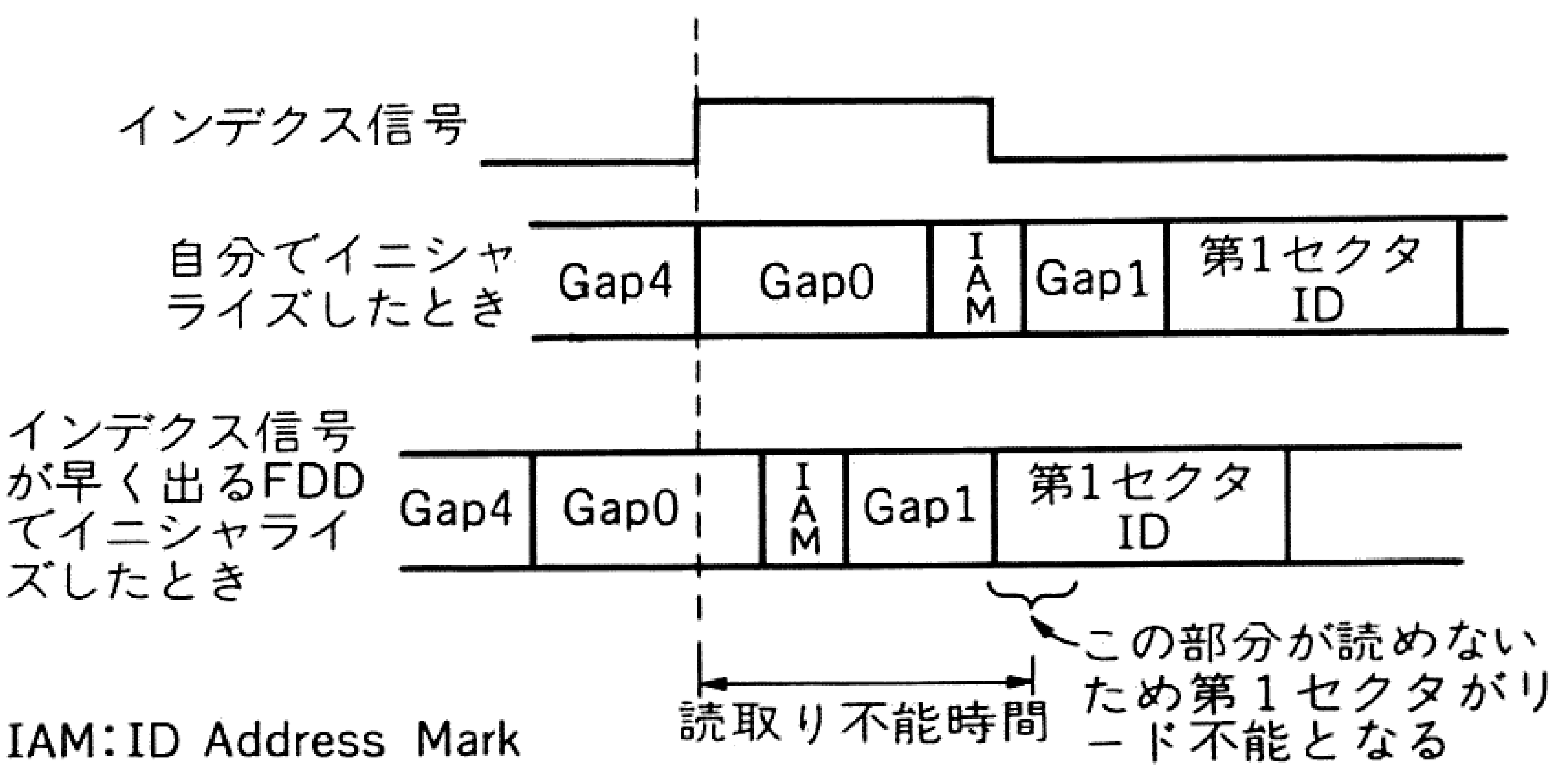


図7.18　読取り不能時間

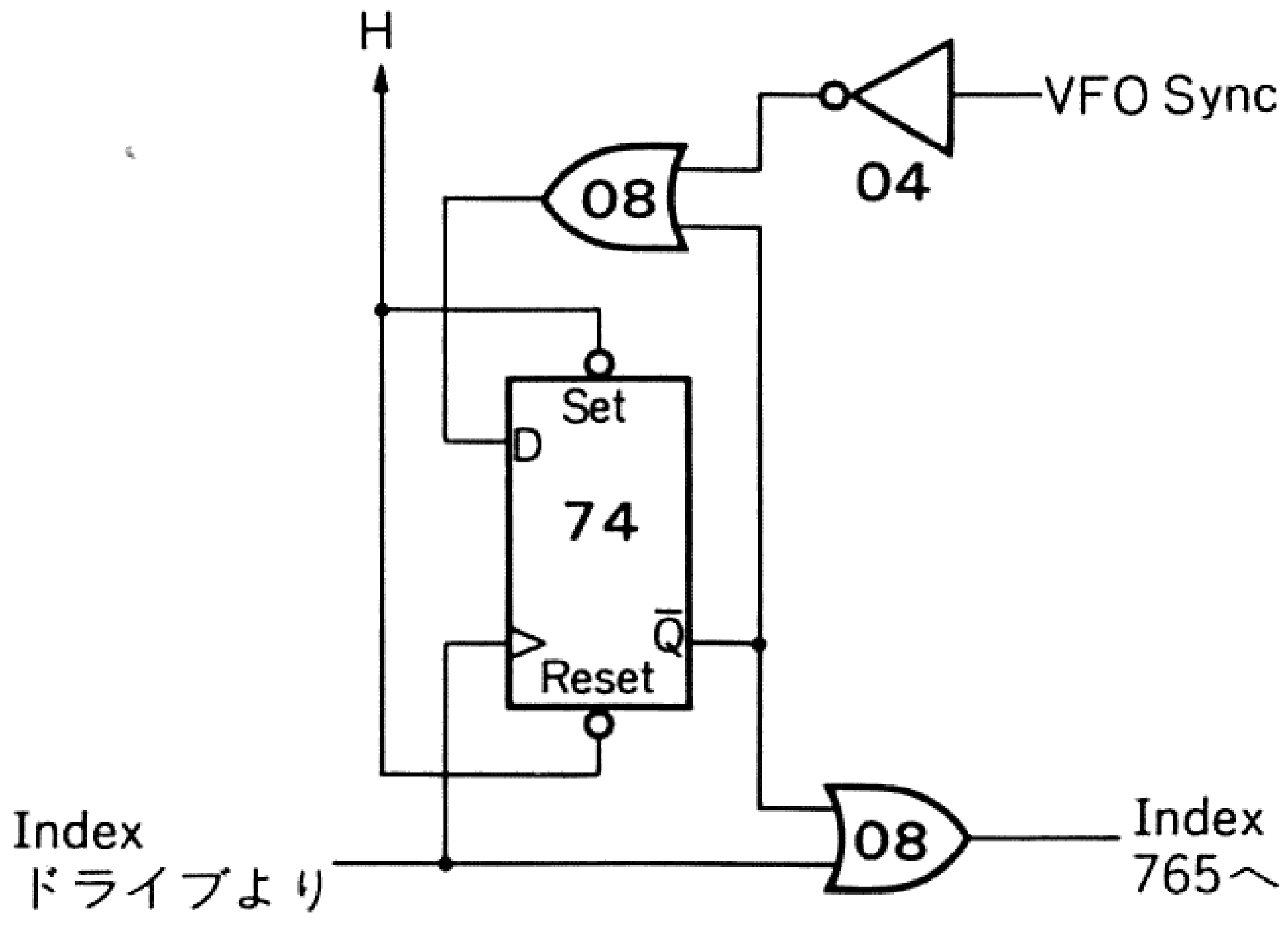


あるFDDでイニシャライズしたディスクを別のFDDで読み取るとインデクス信号とトラックの(プリ・アンブル部の)スタート位置は一致しない．このずれは一般的に8インチFDDでは±500 μs，5¼インチFDDでは±400 μs程度ある．さらに8インチFDDではFDDのメーカ間で基準値が800～900 μs程度のずれをもっていることがある．また5¼インチFDDはISOに代表されるようにプリ・アンブル部を短くしたフォーマットが使用されており，これらを考えあわせると，最悪状態では第1セクタのIDフィールドがこの読取り不能時間に入ってしまい，読取りエラーを発生する可能性がでてくる．このように有害な読取り不能時間は0にすべきである．また，これが0にならない以上，システム設計時には図7.19に示すような対策回路を組み込んでおくことが望ましい．

(4) シーク時のステップ・レート・ミス

μPD765シリーズで，複数台のFDDを同時にシークするようなモードにおいて，ステップ・パルス間隔が8インチFDDでは1 ms，5¼インチFDDでは2 ms短くなることがある．つまり1台のFDDを3 msのステップ・レートでヘッドを送っている途中，他のFDDにシーク・コマンドを発すると，このときすでにシーク中のFDDに対しステップ・レート2 msの間隔が1回発生することがある．1 msまたは2 msが問題にならないような遅いステップ・レートのときは問題ないが，3 ms，4 ms，6 msなどの高速時にはシーク・エラーを発生することがある．μPD765Aのマニュアルにはこの分の余裕のため，FDDの最高速ステップ・レートより1 msまたは2 ms遅いステップ・レートで使用するよう書かれているが，高速処

図7.19 μPD765読取り不能時間対策



μPD765に加えるIndex信号を2回に1回省く
(この回路はRead Diagnosticコマンド時には働かないので注意してほしい)

理のためにも，ヘッド移動音のためにも，最高速で送ることが望ましい．この対策としては，シーク時のリトライを何回か行い，エラーが発生してもリトライで回復させるか，1台ずつシークを行い，同時シークを使用しないことである．

(5) マルチ・トラック・ライト時のヘッド・セレクト問題

これもμPD765 シリーズの問題である．これらのFDCには，同一シリンダ内でサイド0，サイド1を自動的に切り替え，連続してデータを書き込んだり，読み取ったりできるマルチ・トラック・コマンドがある．読取り時は問題ないが，書込み時，このコマンドを使用すると，サイド0のセクタを順次ライト処理していき，そのトラックの最後のセクタの書込みが終わると，即ヘッドを切り替え，サイド1の処理に入ろうとする．ところが前に述べたようにFDDの中ではライト・ゲート信号より若干遅れたトンネル・イレーズ・ヘッド用のイレーズ信号が動作している．このイレーズ・ヘッドの動作中にヘッドを切り替えてしまうため，サイド0の最後のセクタの最後部ではイレーズされていない部分が残ってしまう．48TPI FDDのようにオフ・トラックに対しマージンのあるFDDでは問題にならないが，5¼インチ 96TPI FDDのようなかなり限界に近い使い方のFDDでは，これがエラー・レートをあげてしまうことがある．

以上の理由によりマルチ・トラック・ライト・コマンドは使用すべきでない．

(6) 大きな容量のセクタ使用について

IBMタイプのフォーマットにおいてはIDフィールドにもデータ・フィールドにもエラー・チェック用として各2バイトのCRCバイトがついており，通常はこのエラー・チェックにより正常に読み出せたかどうかを判断している．しかし，考えてみてほしい，通常，最大 1024 バイト＝8192 ビットもあるデータに対し 2 バイト＝16 ビットのエラー・チェックで，どれだけの確率でエラー検出が可能かを….

ところがIBMフォーマットで使用している範囲，5バイト～1028 バイト(CRCチェックはアドレス・マークから始まる)では，かなりの確率(一説では 97～98 %)で検出できる．しかし，これを超えた容量になるとエラー検出率は急激に下がるといわれている．このためμPD765 などでは 2048 バイト，4096 バイト，8192 バイトなどの大きなセクタが使用可能となっているが，これらは使わないほうがよい．

(7) FDCのクロックについて

FDCからFDDへの書込み速度はFDCが動作しているクロック信号によってきまってくる．このクロック周波数が変化すると，当然，ディスクへの書込み速度が変化する．書込み速度が変化すれば，これを他のFDDで読み出したときの周波数も同じように変化し，モータの回転数のずれ，ワウフラなどと同じようにタイム・マージンを下げる一つの原因となる．また通常のFDDの各種タイミングの設計では，この書込み周波数のずれはほとんど無視している．

ところが，FDCのクロック周波数スペックには±1％程度の安定性しか要求していないものがある．これでは問題発生の可能性がある．

FDC用のクロックとしては，温湿度，電源電圧変動を見込んで，悪くても±0.1％以下となるようなものが必要となる．

(8) コマンドのタイム・オーバ・チェック

FDCはコマンド実行中に，FDDのドアが開いてIndex信号が入らなかったり，トラック00信号関係のトラブルが発生したり，FDCに特殊なデータ列が入力されたりするとBusy状態のままループ(ハング・アップ)することがある．

この対策としては，コマンドを出したあと，命令実行に必要な最大の時間をチェックし，コマンドが終了しないときは，このループから抜け出せるような処理が必要となる．

たとえばMB8876による8インチFDDのコントロールではシーク・コマンドが最大で約2.3秒，リード/ライト・コマンドで最大1.1秒必要となるが，これを超えてもコマンドが終了にならないときは約2.5秒後には異常として，フォース・インタラプト・コマンドを用いて強制的にコマンドを中止する処理が必要となる．

μPD765シリーズではMB8876のフォース・インタラプト・コマンドのような命令がない．このため，最後の手段としては，CPUからハード的にFDCに対しリセットがかけられるようなシステム設計にしておく必要がある．

(9) μPD765に関するその他の注意事項

- FMフォーマットのディスクをMFMモードでリードしないこと．もし，これを行うとFDCがハング・アップする可能性がある．フォーマットがFMか，MFMか不明のときは，必ずFMで読出しを行い，それで読めないときはMFMで読み出すこと．
- WCLKの位相とハイ・レベル幅．WCLKはクロックφが"H"レベルのときに立ち上げる必要がある．このためWCLKは必ずφを分周して(立上りに同期して)作る(図7.20参照)．また，WCLKは"H"レベル幅に規定があり，50％デューティでは動作しない．図7.21のような位相にすること．
- ドライブ・セレクト(US0，1)切替えからのFDDの応答は，0.5μs以内に行う必要がある．これより遅れるとFDDの状態を誤ってFDCが取り込む可能性がでる．

図7.20　μPD765φとWCLKの位相

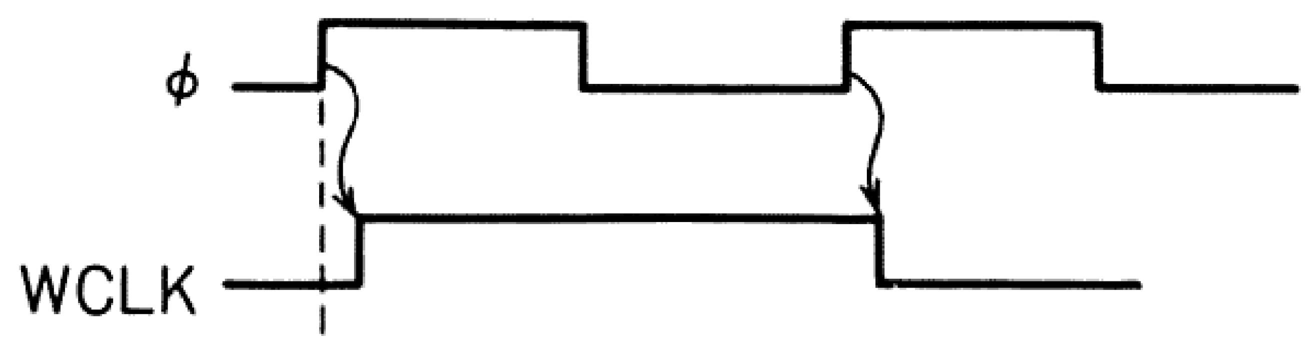
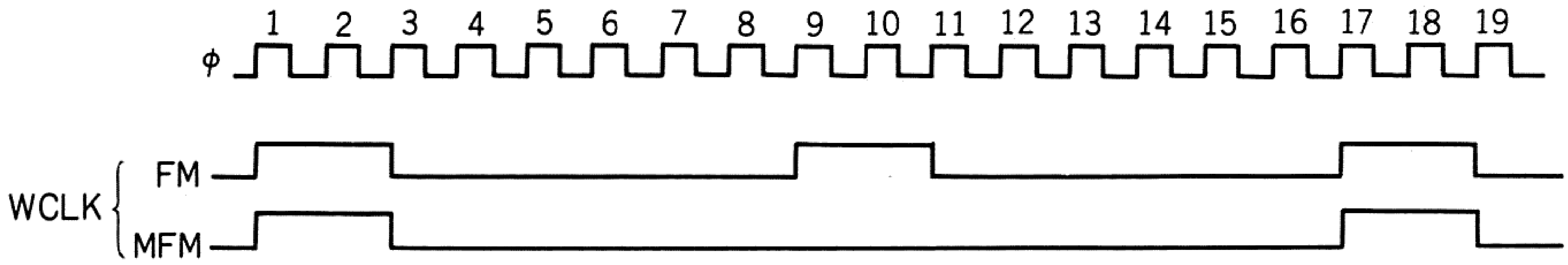


図7.21　μPD765φとWCLKのタイミング



第8章

VFO回路

FDDから読み出された信号RD DATAはデータ・パルスとクロック・パルスのまじったものであり，これを弁別しなければデータとして利用できない．この弁別のためのデータ・ウィンドウ(Data Window)を作り，RD DATAをクロックとデータにセパレートするのがデータ・セパレート回路である．

単密度記録方式に使用されているFMフォーマットにおいては，特殊な場所を除き必ずデータ・パルスはクロック・パルスにはさまれているという規則があり，このクロック・パルスをたよりにデータ・パルスの有無を知ることができるが，倍密度記録方式に採用されているMFMフォーマットではデータ・パルスがある前後にはクロック・パルスがなくなるため，FMフォーマットのようなデータ・セパレータは使えなくなる．またMFMフォーマットはFMフォーマットに比べるとデータ・ウィンドウ幅が半分となり，読取りマージンが下がる．このためRD DATAがつねにデータ・ウィンドウの中心に入るよう連続的に追尾するデータ・セパレート回路が必要になる．その他，データ・セパレート回路にとって必要な特性は6.3のデータ・セパレータ回路を参照してほしい．

この回路の代表例として，PLL回路を利用したVFOデータ・セパレータ回路がある．

現在使用されているIBMタイプのMFM記録方式をもったFDCは，米国ウェスタン・ディジタル社から1978年にFD1791が，日本ではNECから1979年にμPD765が，それぞれ発売されたが，これらのFDCと組み合わせるVFO回路はFDCメーカからはサポートされなかった．ほとんどがディジタル回路で動くコンピュータ・システムの中で数少ないアナログ部をもつVFO回路はむずかしく，ハード・ディスク用のVFO回路を変型して用いる例も多く見られた．

最初にFDD用VFO回路として発表されたものは『インターフェース』誌1979年7月号のディスクリート・タイプではないかと思われる．このVFO回路は㈱ワイ・イー・データで

表 8.1 各社のデータ・セパレータ

メーカ 型 式	方 式	パッケージ／消費電力	周辺部品数(約)	特 徴	欠 点
日 立 HA16632	・アナログ ・ゲイン切替えあり	28ピンDIP 0.4W typ	IC 1個 Tr, Di 7個 R, C 21個 VC 1個 VR 2個	・タイム・マージン大	・サイズ大 ・周辺部品やや多い ・C調整要 ・FD197Xでの使用はむずかしい
諏訪精工 SED9420C SED9421C	・ディジタル/アナログ ・ゲイン切替えあり（μPD765Aのとき） ・ゲイン切替えなし（その他）	24ピンDIPまたは18ピンDIP 50mW max	R 5個 C 3個 Di 1個	・FDC用クロック出力あり ・179X HLT用モノマルチあり ・周辺部品少ない	・FD179Xではゲイン切替えなし ・マージンにディジタル・ロス少しあり
ウェスタン・ディジタル WD1691	・アナログ ・ゲイン切替えなし	20ピンDIP 200mW typ	IC(VCO) 1個 VR 2個 R 2個 C 2個	・WD2143-01と組み合わせ，書込み補償できる	・ゲイン切替えなし
SMC*2 FDC9216	・ディジタル	8ピンDIP 250mW max*1	なし	・小さい8ピン ・周辺部品不要	・ディジタル・ロス大
SMC FDC9229	・ディジタル	20ピンDIP 500mW max	なし	・周辺部品不要 ・書込み補償回路内蔵 ・FDC用クロック出力あり	・ディジタル・ロス大
YED ディスクリート	・アナログ ・ゲイン切替えあり		IC 15個 Tr, Di 10個 R, C 37個 VR 4個	・ゲイン切替え方式のアナログ・タイプ ・タイム・マージン大	・スペース大 ・部品数多い
YED*3 3チップVFO	・アナログ ・ゲイン切替えあり	16ピンDIP×3個 1W/3IC type	IC 2個 R 8個 C 5個 VR 1個	・マーク検出をもった自走型 ・タイム・マージン大	・スペース大 16ピンIC 6個相当
富士通*4	・アナログ ・ゲイン切替えあり	24ピンDIP 350 mW typ	R 5個 C 5個	・マーク検出をもった自走型 ・タイム・マージン大	

*1 CMOSで低消費電流
*2 ウェスタン・ディジタルにセカンド・ソースあり
*3 FDDとペアでのみ販売
*4 59年秋から量産

開発されたもので，本書**6.3**で説明したFDD用VFO回路の必要条件をほとんどもっている．現在のVFO用LSIもこれを基本にしたものが多い．ここでもVFOの基本動作の説明用としてこの回路を用いることにする．

その後，FD1791を発表したウェスタン・ディジタル社から，ループ・ゲイン切替えのないアナログ方式のVFO用IC WD1691や全ディジタル式のデータ・セパレータFDC9216が米国SMC社から発表されているが，価格の問題もあり，とくに国内ではあまり使用されていない．

1982年ごろから一般半導体メーカがFDD用VFOとしていくつかのLSIを発表している．一つが日立製作所の発表したHA16632で，もう一つが諏訪精工舎のSED9420Cである．両社ともFDCメーカでも主力のFDDメーカでもないところがおもしろい．

㈱ワイ・イー・データでは1980年からFDDとペアで自社開発によるVFO・LSIを販売している．これも本章で紹介する．

これらのVFO回路，VFO・LSIを表**8.1**に示す．

8.1 YEDディスクリートVFO回路

現在ではVFOのLSIが開発されたため，あまり使用されていないが，ここでは内部の動作を理解するためにディスクリート型のVFO回路を例にとって説明しよう．動作時間はすべて8インチFDDのタイミングで説明してある．5¼インチ・タイプでは倍の時間になる．

図8.1にVFO基本部の回路例を示す．単密度・倍密度兼用で，$\overline{\text{DDEN}}$(Double Density Enable)信号でこれを切り替える．

この回路の入力信号はFDDからの読出しデータ(RD DATA)で，出力信号はData Windowである．動作を制御する信号としてVFO Lock信号がある．これはFD1791のRG(Read Gate)信号とほぼ同じ信号でシンク・フィールドをFM時2バイト，MFM時4バイト検出したらONになる信号である．この信号が“L”のときはシンク・フィールドにロックできるようVFOがループし，周波数-位相比較を行うとともに応答速度を速くし，ロック・タイムを短くする．またこの信号が“H”のときはデータ読取り時であり，応答速度をロック・フィルタにより鈍い方向に切り替え，回転速度変動などのゆっくりとした位相変化にのみ追従する．このようにループ・ゲインをコントロールする．

図8.2にFD1791用のVFO制御部の回路例を示す．VFO制御部は，VFOの基本部を制御するために，VFO Lock信号の生成，VFO Feedback信号のロック後の切替えなどを行う．

またFDCへデータ・ウィンドウ(RCLK)とRD DATAをデータ・ウィンドウの中心に並び直したリード・データ列($\overline{\text{RAW READ}}$)を出力する.

図8.3にμPD765用のVFO制御部の回路例を示す. μPD765のVFO Sync信号は, シンク・フィールドの検出機能をもっていない. このためVFO制御部でFD1791のRG信号に相当する信号を作るRead Gate生成回路(点線内の回路)が追加となる. またデータ・フィールドでVFO Lock信号を"H"に保つために, μPD765のDRQ(DMA Request)信号を利用している.

RG信号をもたないFD1795, FD1797などでもこのVFO制御部が必要となる.

図8.1 VFOの基本部[1)]

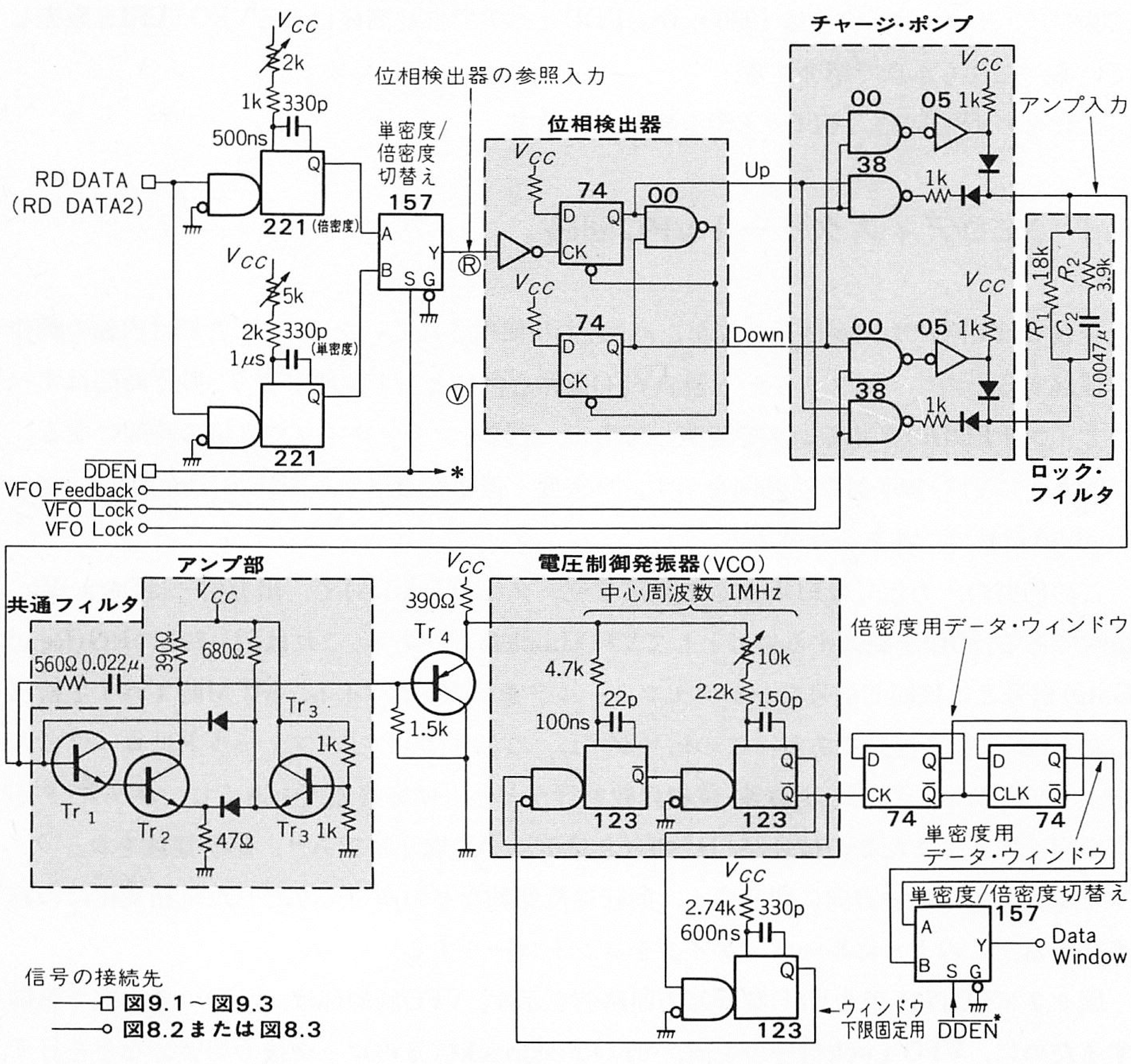


図 8.2 VFOの制御部[1)] (MB8876/FD1791シリーズ用)

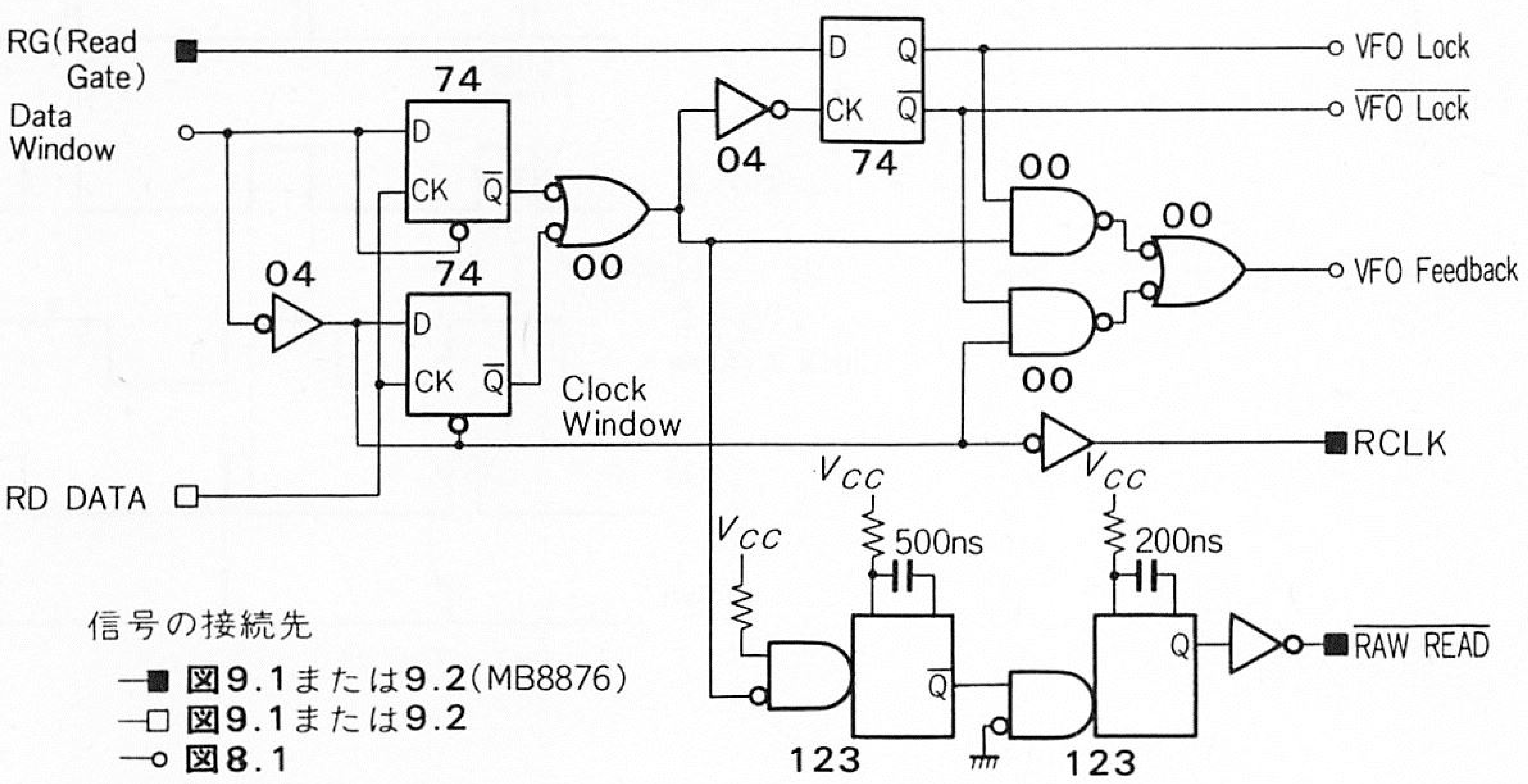


図 8.3 VFO制御部[1)] (μPD765シリーズ用)

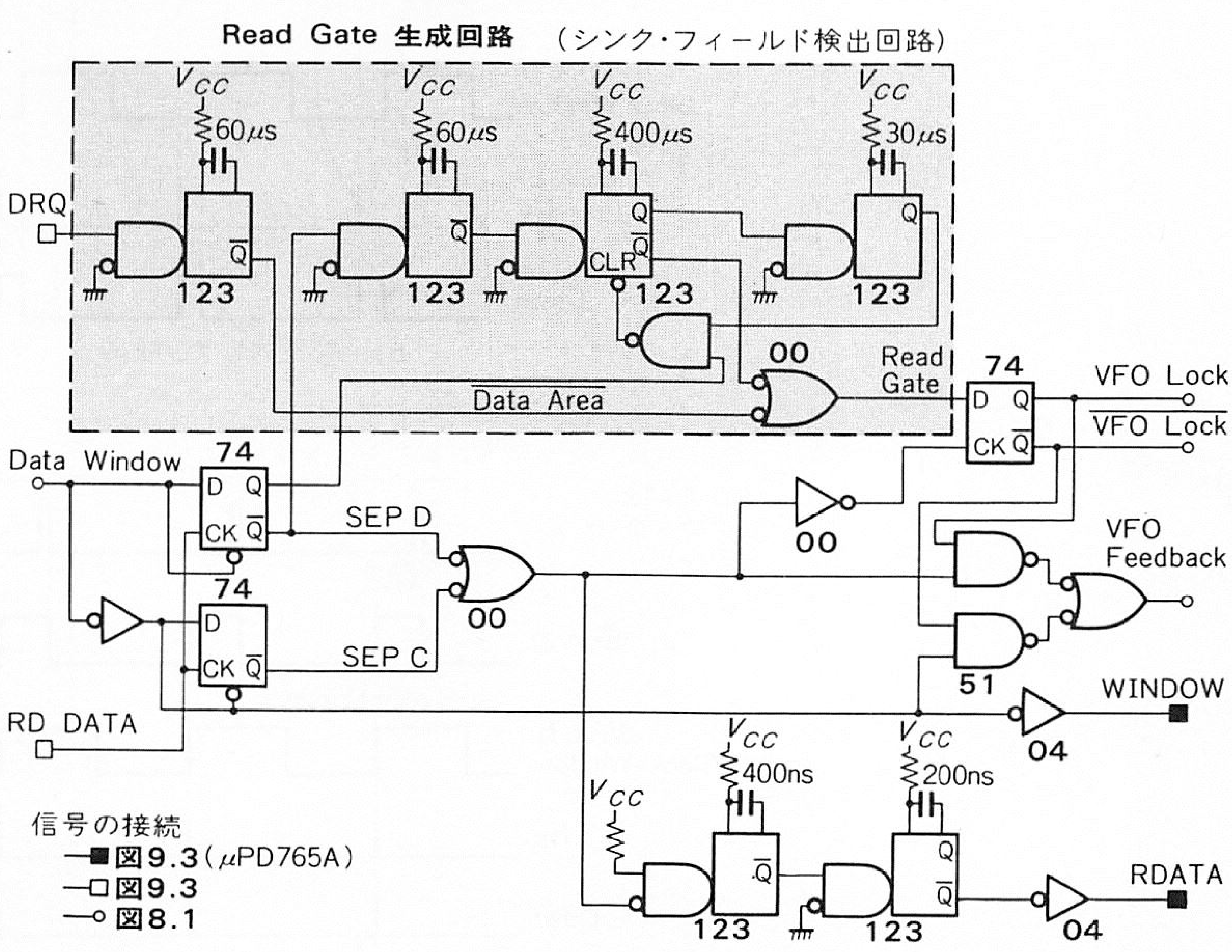
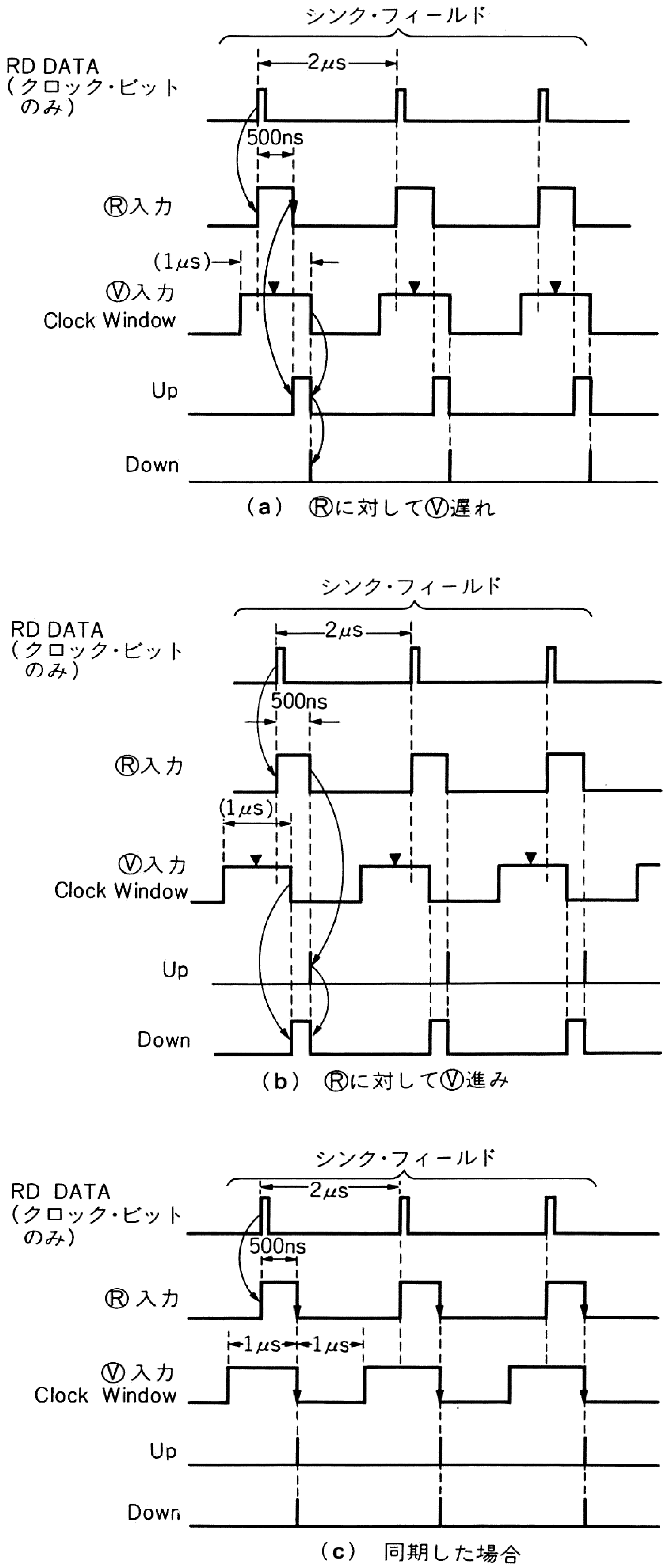


図 8.4　シンク・フィールドでの VFOの動き (VFO Lock＝ "L")[1)]



VFO基本部の動作説明を行う．図8.1でVFOがRD DATAと同期する前はVFO Lock信号は“L”である．このとき位相検出器のⓋ入力へはクロック・ウィンドウが入力される．

図8.4(a)は，シンク・フィールドのクロック・ビット・パルスに対して，クロック・ウィンドウが遅れている場合を示している．このとき遅れ量に比例したパルス幅でUP信号が“H”となり，アンプ入力は図8.5(a)のようにVCOの指令電圧を上げ，発振周波数を高め，クロック・ウィンドウ幅を短くするよう修正を加える．

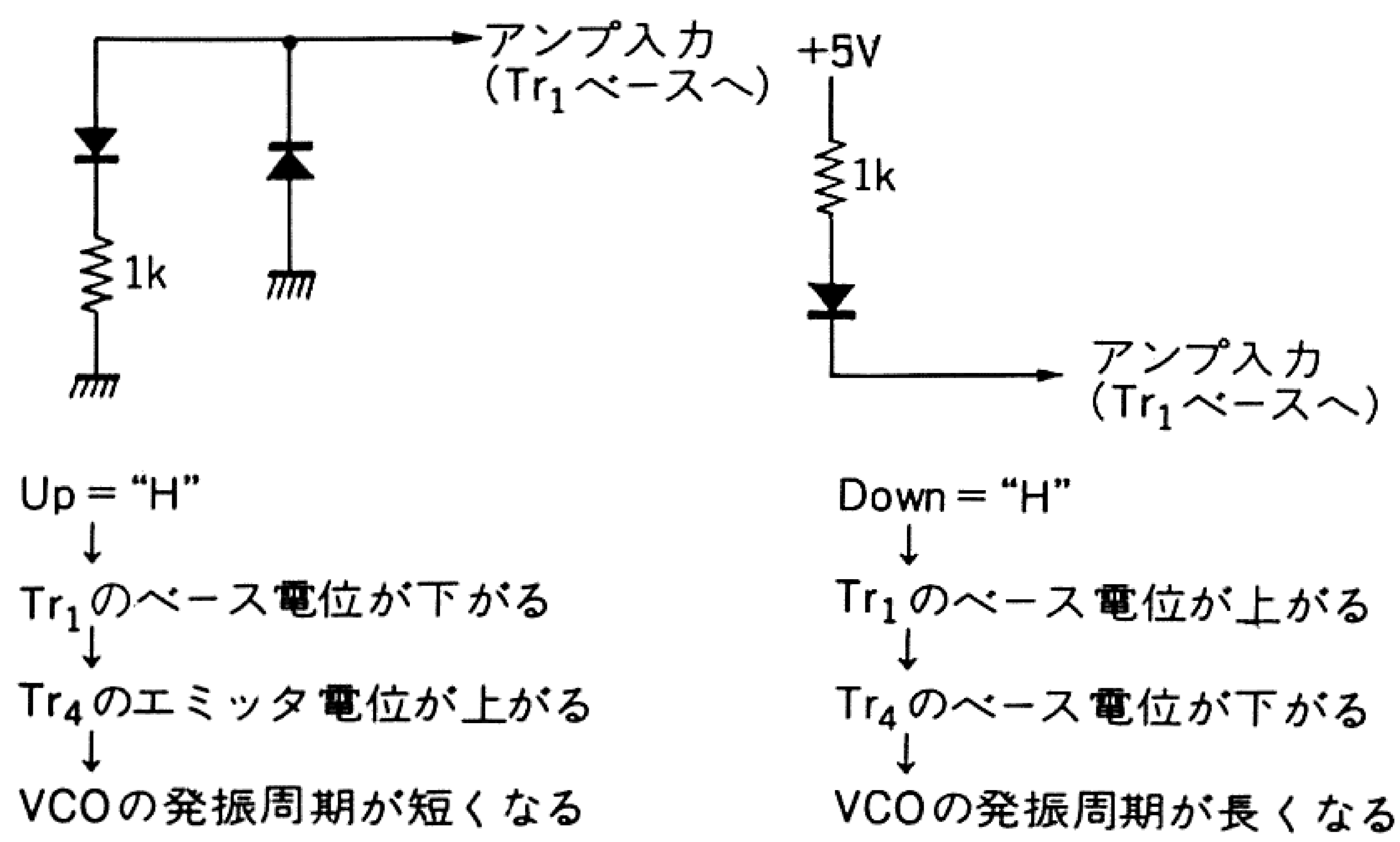
図8.4(b)は，クロック・ビットに対して，クロック・ウィンドウが進んでいる場合を示している．このとき進み量に比例したパルス幅でDown信号が“H”となり，アンプ入力は図8.5(b)のように，VCOの指令電圧を下げ，発振周波数を低くし，クロック・ウィンドウ幅を長くする方向に修正を加える．

図8.4(c)は，クロック・ウィンドウとクロック・パルスが同期した場合を示す．このときクロック・ウィンドウの中心にクロック・ビットの立上りがくるようになる．UpまたはDown信号には普通細いヒゲ・パルスが出るが，幅がせまいためVCOの発振周波数は修正されない．

図8.6に，同期後のVFO動作タイム・チャートを示す．VFO Lockが“H”になったとき，位相検出器のⓋ入力(VFO Feedback信号)はRD DATAの立上りでセットされ，クロック・ウィンドウの立上りまたは立下りでリセットされたパルス列となる．同図はRD DATAとして，データ・パターン'A2'が入ったときを示している．

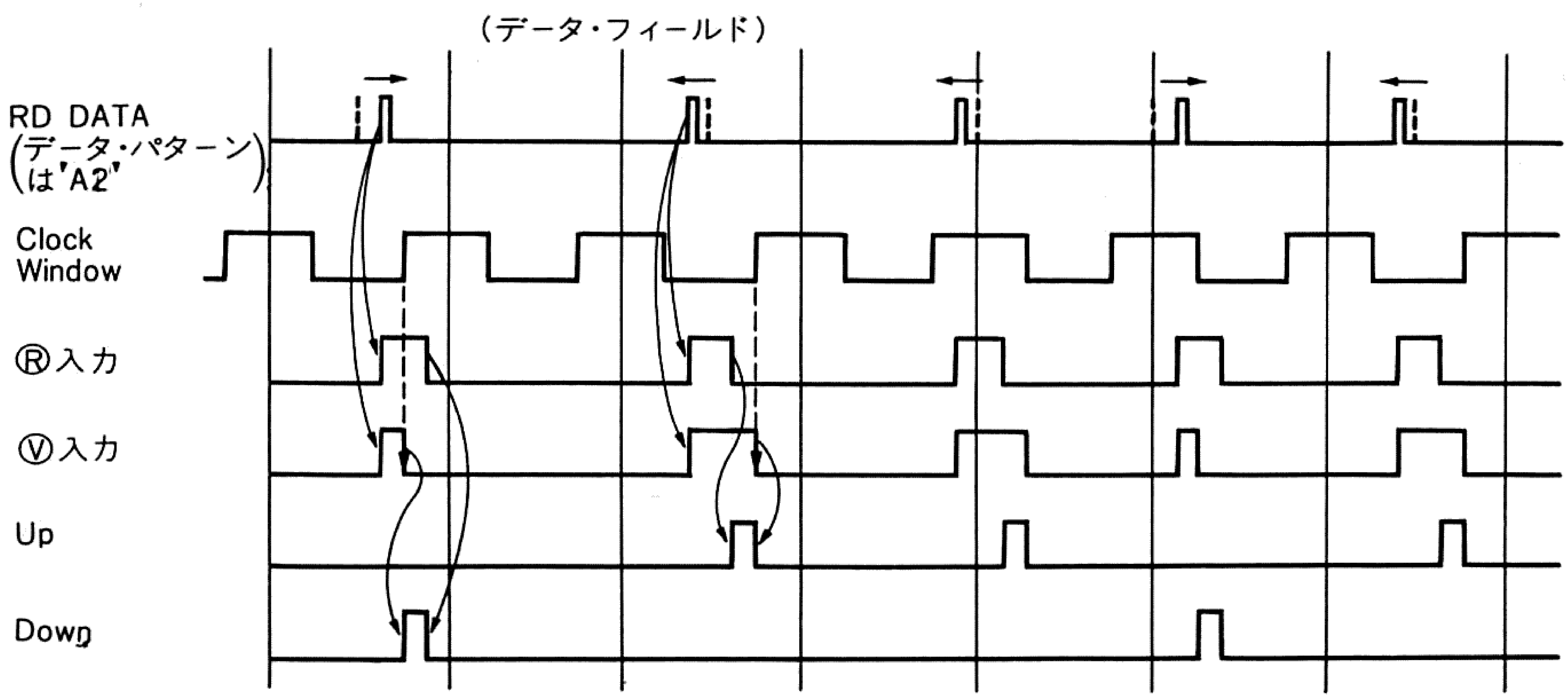
RD DATAは基準位置より矢印方向へピーク・シフトを発生しているため，クロック・

図8.5 アンプ入力の変化[1)]



(a) Up＝“H”のとき　　(b) Down＝“H”のとき

図8.6 同期したVFOの動作[1)](VFO Lock＝“H”)



ウィンドウが正しい位置にあっても，Up信号とDown信号が同図に示すように，このピーク・シフト分だけ“H”となる．しかし，この信号は，図8.1に示した，R_1，R_2，C_2で構成されるロック・フィルタを通し，Up信号とDown信号がキャンセルされてVCOに帰還されるため，クロック・ウィンドウは平均化し，ほとんど動かない．

このように，いったん同期されると，ピーク・シフトに起因する毎ビットの激しい位相変化に対してはVFOは応答せず，連続的にRD DATAの位置が変化するような回転変動などに対しては追従する．

このVFOは回転速度変動の追従性を良くするためダイナミック・レンジが広くとってある．このためMFMフォーマットのギャップ部において，これをシンク・フィールドのつもりで追尾させると周波数が−25％程度下がり，データ・パターン'4E'を'00'とセパレートしてしまう可能性がある(図8.7参照)．この対策回路を図8.8に示す．この回路は，'4E'パターンが2μsと3μsで構成され，シンク・フィールド'00'パターンが2μsのみで構成されている，そのちがいを利用したもので，VFO Lock信号が“L”つまりデータを読み取っていないときで，かつギャップ部では，VFOに基準周波数を与え，発振周波数を中心値に戻している．これは'00'ギャップが読み取れないFDCのための対策であるが，発振周波数を中心値に戻すことで，ロック・タイムを短くでき，またFDCを含めた回路の安定性を増すためには良い方法である．

IBMフォーマットのギャップ・パターンを決めるとき，4μsのビット間隔を入れておけば，このような問題はなかったはずである．

図 8.7 ギャップ部のミス・ロック[1)]

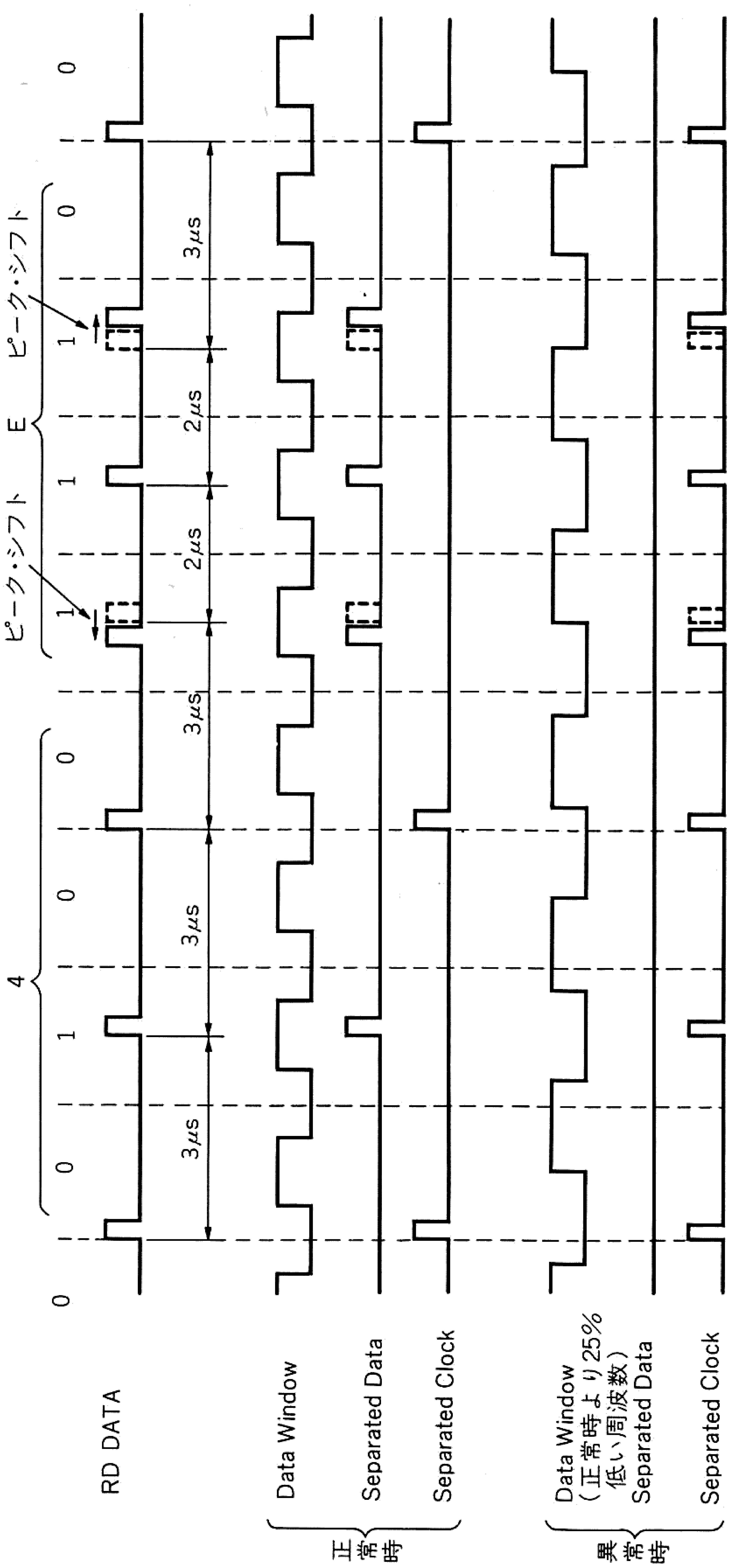


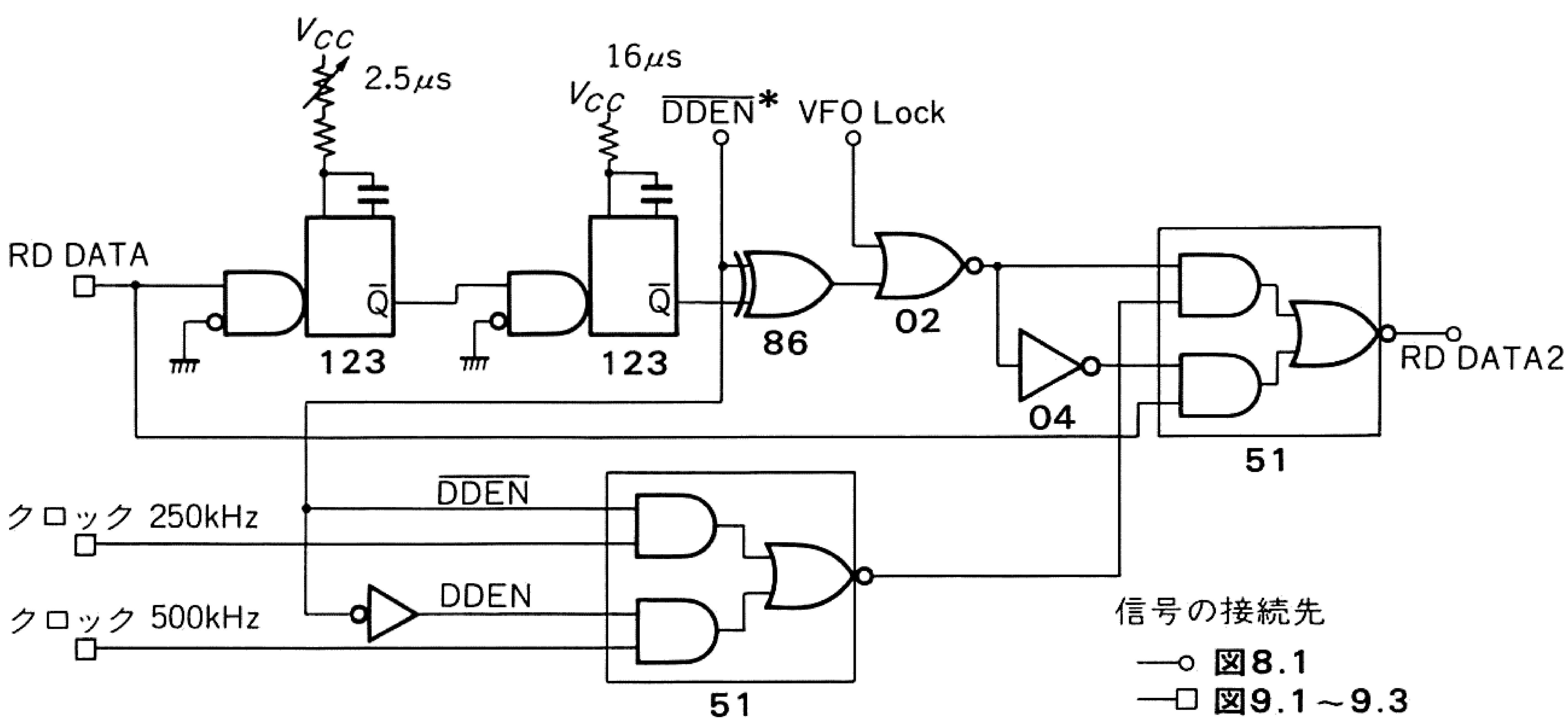
図8.6で説明したように，VFOが同期すると，RD DATAが多少ピーク・シフトをもっていても正しくデータを読み取ることができる．このピーク・シフトをもったRD DATAとウィンドウの両エッジまでの時間余裕をタイム・マージンと呼ぶ．図8.9にすべてのデータおよびクロック・パルスを一つのウィンドウで表現したときの様子を示す．この図においてTU1とTL1またはTU2とTL2を加算したものがタイム・マージンであり，このタイム・マージンが大きいか小さいかがシステムの安定性，エラー・レートを決める重要な要素となる．図からわかるようにタイム・マージンを良く(大きく)するためには，FDDとメディアの組合せで決まるピーク・シフト量を下げることも大事であるが，ウィンドウ信号をできるだけ理想形に近づけることが大事であり，このためにはできるだけ平均化した，毎ビットのピーク・シフトの影響を受けないアナログ型のVFO回路が必要となる．

8.2 ワイ・イー・データ製VFO LSI

前述のディスクリート型VFO回路をさらに改良し小型化したVFO LSIを紹介する．

機能的な改良点は，VFO内部にIBMフォーマットにおけるすべてのマーク検出回路を内蔵したことである．これにより外部からのコントロールなしにVFOのロック完了のチェック，応答速度の切替え，さらにIDフィールドの検出とIDフィールドを読み取るのに充分な時間のリード状態保持が行える．またデータ・フィールドにおいても同様にデータ部を読み取りはじめるまでは，このVFOが自動的にデータをセパレートしてくれる．このときデ

図8.8 ギャップ検出回路



ータ読み取り中を示すDA(Data Area)信号がONとなれば，データ部分を最後まで読み取ることができる．

その他の特徴としては，つぎのようなものがある．

(1) ▼00▼パターンのギャップをもつFMフォーマットからMFMフォーマットまですべてのIBMフォーマットに使用できる．また端子を1本切り替えるだけで，同一定数のままIBMタイプの5¼インチ・フォーマットにも使用できる．

(2) アナログ・タイプのVFOであり自動的にループ・ゲインの切替えを行う．

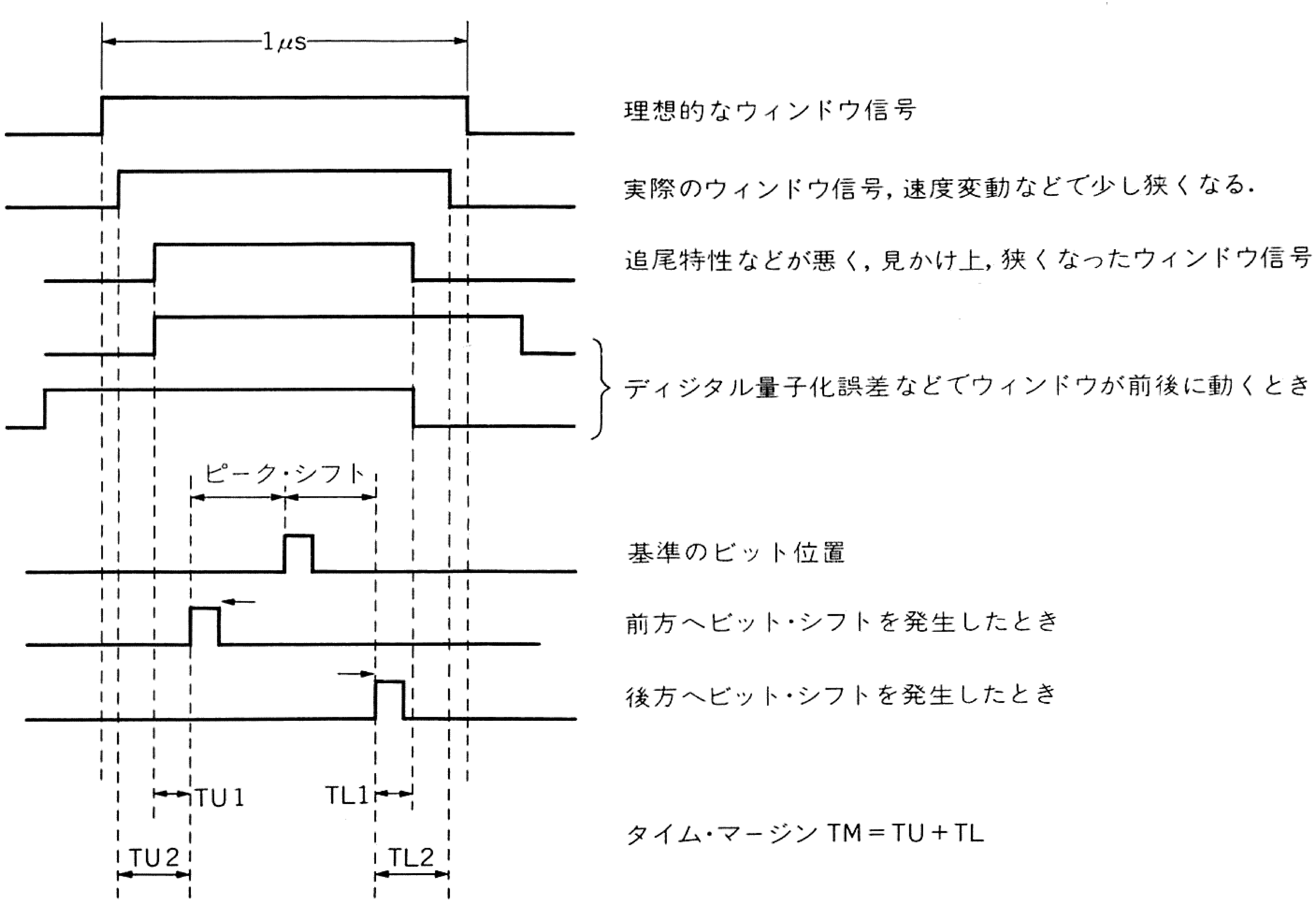
(3) 16ピン，DIPパッケージ3個で構成されたVFOであり，周辺部品を入れても，IC 5～6個のスペースに入る．

(4) データ・ウィンドウの発生はもちろん，LSI内部でデータをセパレートし基準位置に並べ直してくれる．

(5) データを読み取らないギャップ部では，VCOの発振周波数を中心周波数にもどし，FDCを含めた回路の安定性を増している．

(6) VCOの特性を改善したので，これは無調整になっている．

図8.9　ウィンドウ信号によるタイム・マージンの変化



(7) 先に説明したようにVFOコントロール信号が不要なためどのFDCにも適合できる．

図8.10 にこのVFO LSIの使用回路例を示す．**図8.11** に入出力信号のタイム・チャートを，**写真8.1** にこのVFOがセパレートしたマーク部の写真を示す．FM，MFMともにトラック01，セクタ01，サイド01のところである．

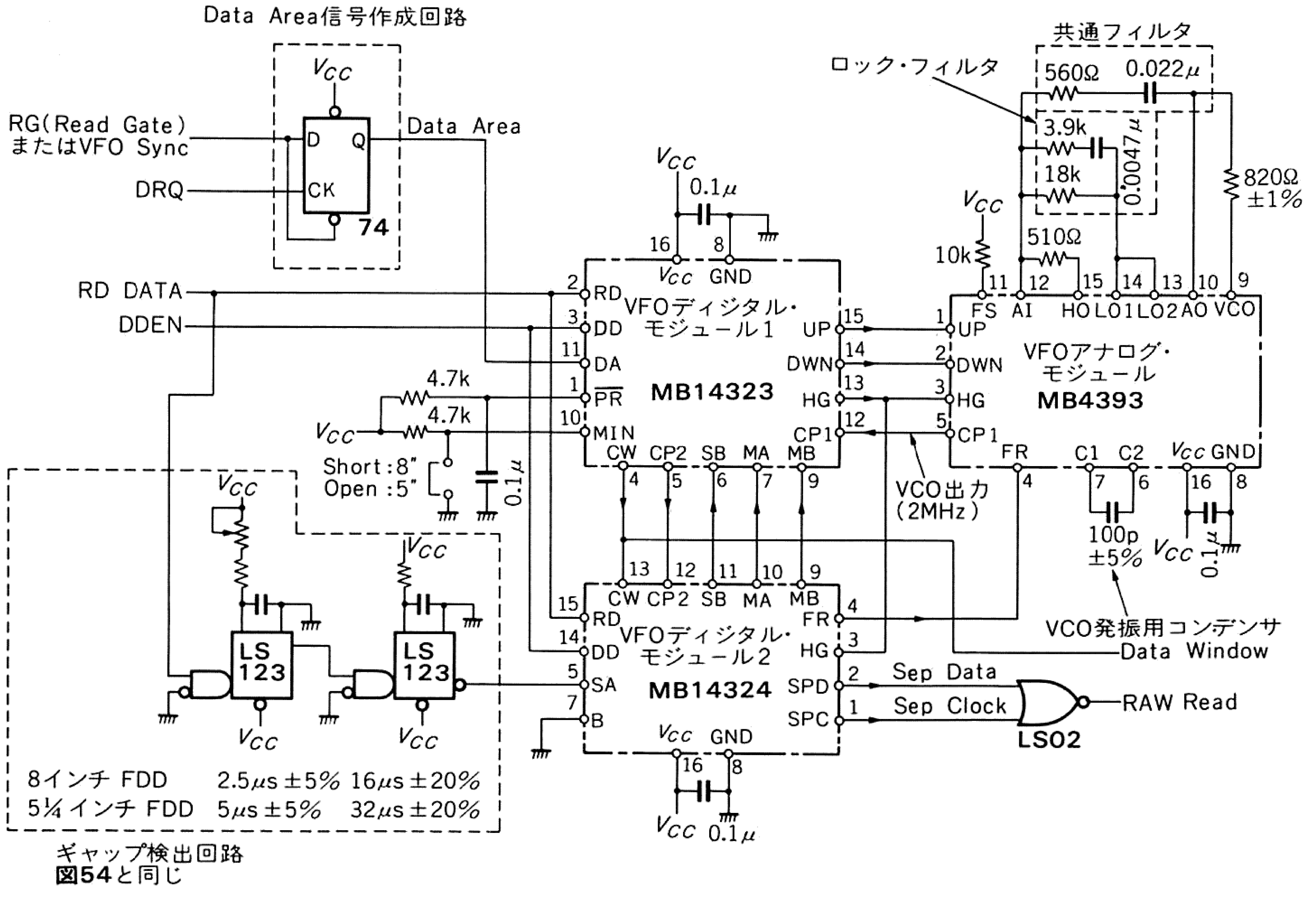
つぎに，このVFOの動作を説明する．

VFOディジタル・モジュール1は，おもに位相検出と，クロックの分周，ループ・ゲイン切替えとこの切替えのバイト数制御を行う．VFOディジタル・モジュール2はマーク検出とデータ・パルス，クロック・パルスの基準位置への並べ直しを行う．VFOアナログ・モジュールにはチャージ・ポンプ，アンプ，VCOが内蔵されている．

VFO回路構成としては，この3チップLSIのほかにData Area信号生成回路と**図8.8** で説明したものと同じ目的のギャップ検出回路が必要となる．

この回路に，RD DATAが入りはじめると，ギャップ検出回路がデータ・パターンをチ

図8.10　YED VFO LSI使用例[12]



ェックし，これがシンク・フィールドの'00'パターンでなければ，FR(Free Run)信号がONし，VCOは基準発振周波数で発振する．シンク・フィールドの'00'パターンが入りはじめると，FR信号がOFFする．このときHG(High Gain)信号がONしており，VFOは高速で'00'パターンを追尾しはじめる．追尾が完了し，マーク検出部が'00'を検出する．このあと，FM時は1バイト，MFM時は3バイト'00'が続くと同期完了とみなし，HGがOFFし，VFOは低速の追尾に切り替わる．

図8.11　VFO LSI入出力タイミング[12)]

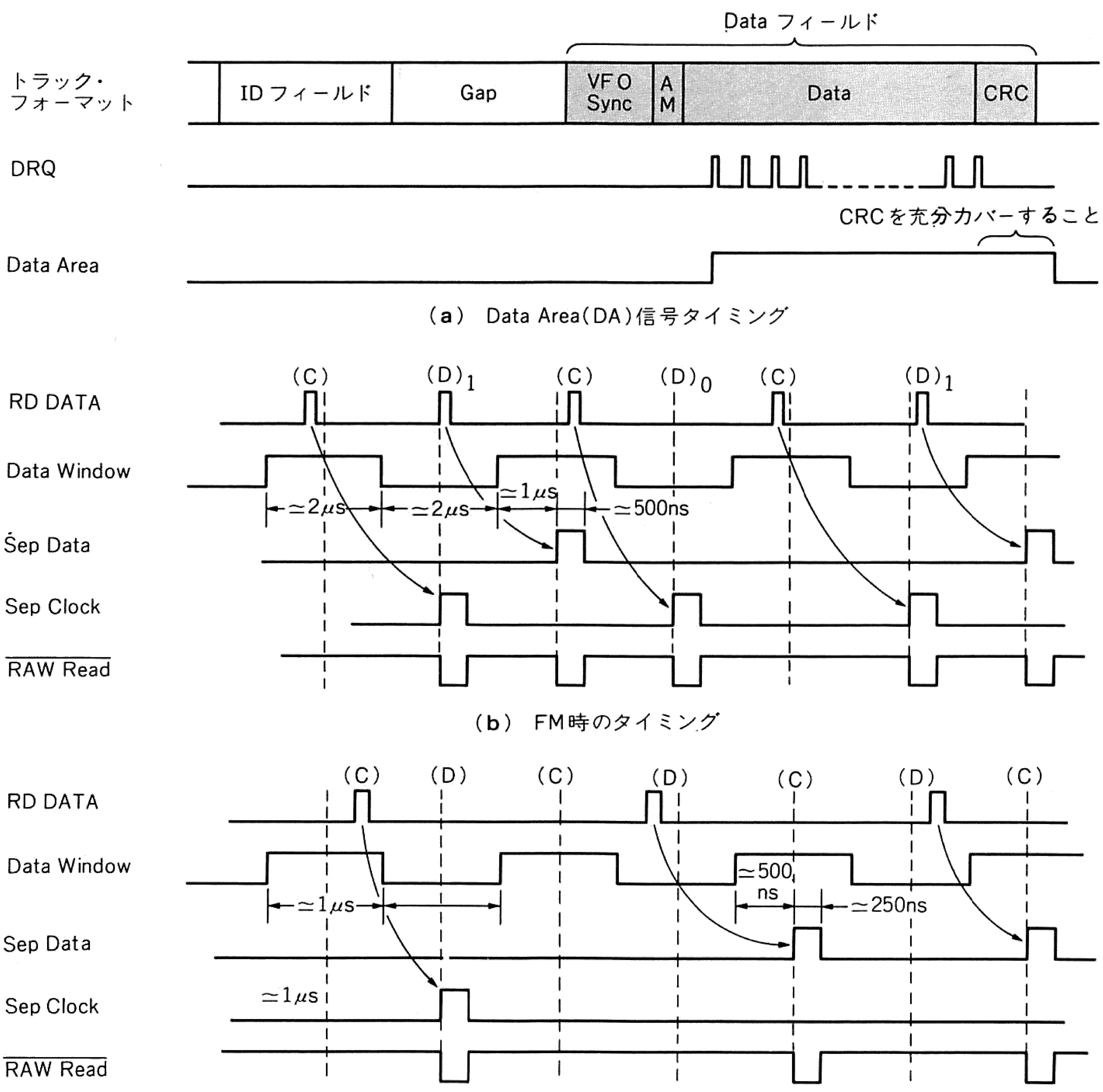
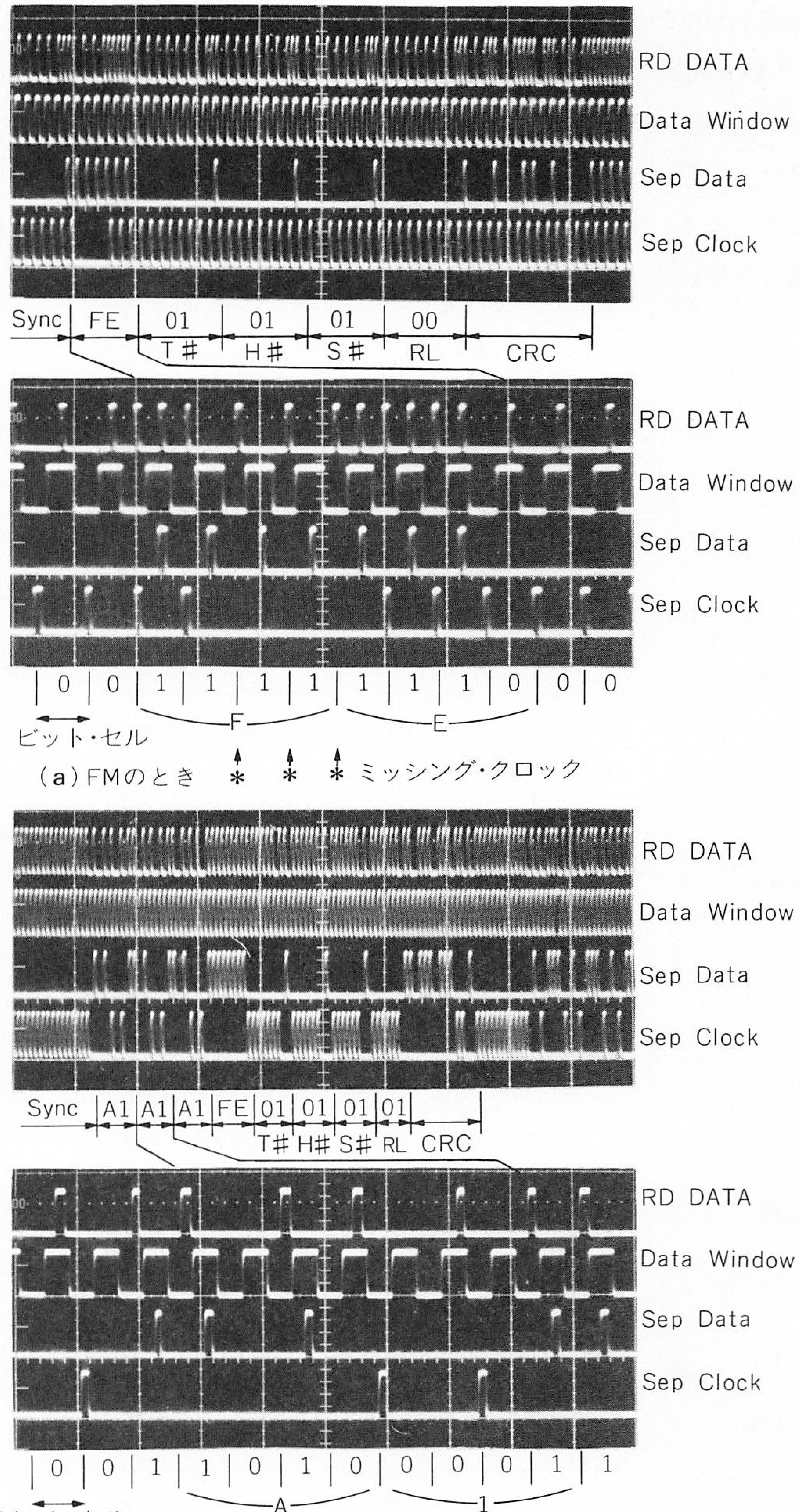


写真 8.1
マーク・パターン



(a) FMのとき

(b) MFMのとき

このあと，IBMフォーマットで定められた順番でミッシング・クロックをもったマークが正しく検出されればIDフィールドを読み取るあいだ，HG信号はOFFを続ける．もし'00'に引き続いて正しくマークが検出されなければ，HG信号は即ONし，初期状態にもどる．

8.3 日立製VFO LSI HA16632AP

1983年初めに発売された日立製VFO LSI HA16632APについて紹介する．このVFOの特徴は下記のとおりである．

(1) 28ピンDIPパッケージの1チップVFOである．

(2) アナログ方式でロック時と読取り時の応答速度切替え型である．

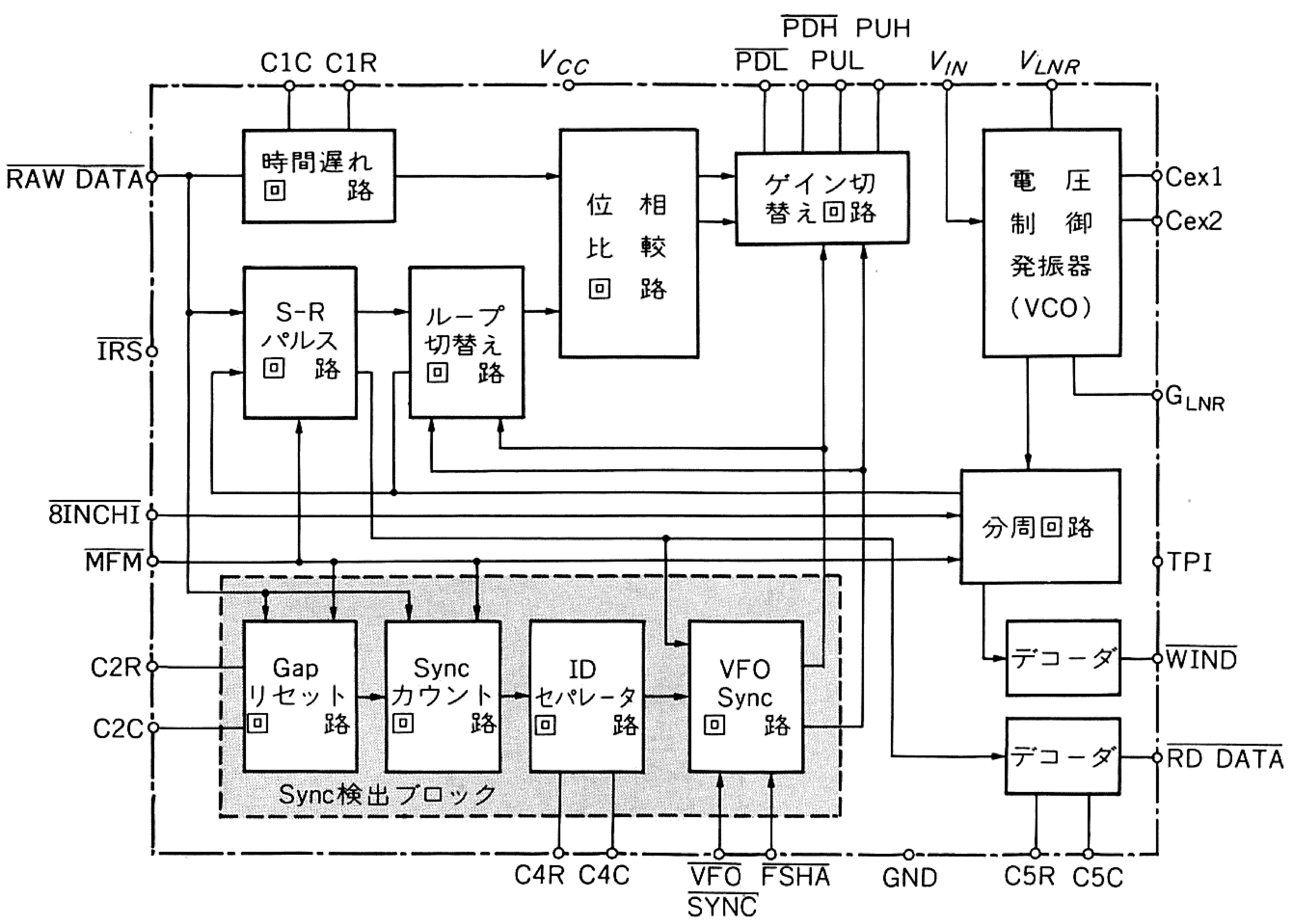
(3) 一部定数変更により5¼インチへも8インチへも使用できる．

(4) 単密度/倍密度へ使用できる．

(5) 各種のFDCへ接続できる．

内部ブロックは，図8.12のようになっている．モノマルチを4個内蔵したかなり複雑な

図8.12　HA16632のブロック図[9]



ものである.

このVFOを実験的にYD-180と接続してみた結果をまとめる.

実験回路を図8.13に示す. 日立のマニュアルとは一部変わっている. これはタイム・マージンをチェックしながら, また内部動作上必要なモノマルチなどを追加したため変更になったもので, 他のFDDと組み合わせる場合は再調整が必要かもしれない.

日立のマニュアルとの主な変更点は,

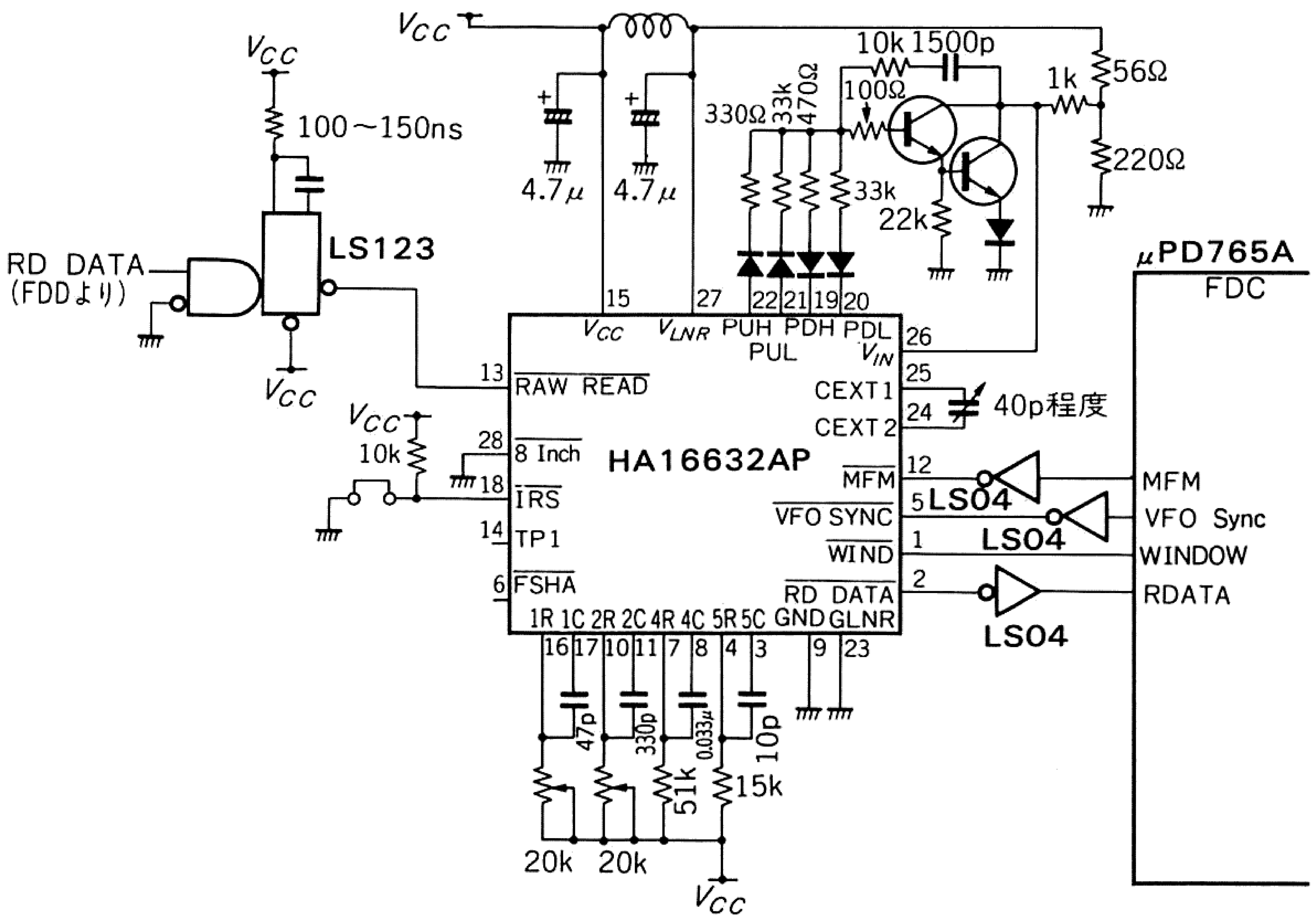
(1) 読取り時のフィルタ定数を変更した(PUL, PDLの抵抗値).

(2) FM/MFM時の定数切替えなしとした.

(3) $\overline{\text{RAW READ}}$信号に外部モノマルチを追加した.

使用してみて気になった点は, このVFOも内部にギャップ部検出回路(Syncバイト・カウント回路)をもっているのだが, シンク・フィールドに入ってから6バイト経過しないとこの回路がONせず, RD DATAから正常なデータが出てこない. ところがFD1791シリーズではシンク・フィールド検出として4バイトの'00'パターンが必要なため, 順調に回路が動作しても, 図8.14に示すように, RG信号がONしてから, シンク・フィールドが終わるまで2バイト, 実測では1～1.5バイトしか余裕がなく, 直前のセクタをライトしたあと, つぎのセクタを読み取るとき, また回転変動が大きくなったときの最悪状態を考えると危

図8.13 HA16632を使用した回路例



ない使い方といえる．μPD765 シリーズでは，シンク・フィールド・チェックは'00' 2バイトであり，まず問題ないと思われる．

タイム・マージンはアナログ2段切替え方式のためロスは少なく，先の注意点に気をつければ8インチ倍密度でも充分使用できると思う．

8.4 諏訪精工舎製VFO LSI

諏訪精工舎が1983年春発売した1チップ型VFO LSI SED9420C/9421Cは，つぎのような特徴をもっている．

(1) SED9420Cは24ピンDIPパッケージ，SED9421Cは18ピンDIPパッケージと小型である．

(2) CMOS LSIであり消費電力が小さい．最大5V10mA，ただし入出力はTTLレベル．

(3) FDC用のクロック出力をもっている．μPD765用，FD179X用の両方をもつ．

(4) ディジタル/アナログの混合方式であり，無調整化されている．

(5) FD179Xシリーズ用のヘッド・ロード・タイム設定用タイマを内蔵している．

(6) 当然ながら8インチ/5¼インチ，FM/MFMに使用できる．

図8.15にピン配列，**表8.2**に適用FDCを示す．ゲイン切替えのできるSED9420CがFD179Xシリーズに使用できないのと，ピン間隔0.3インチ・パッケージで18ピンのSED9421Cからゲイン切替えが外されているのが残念である．

図8.14 HA16632とFD1791 RG信号

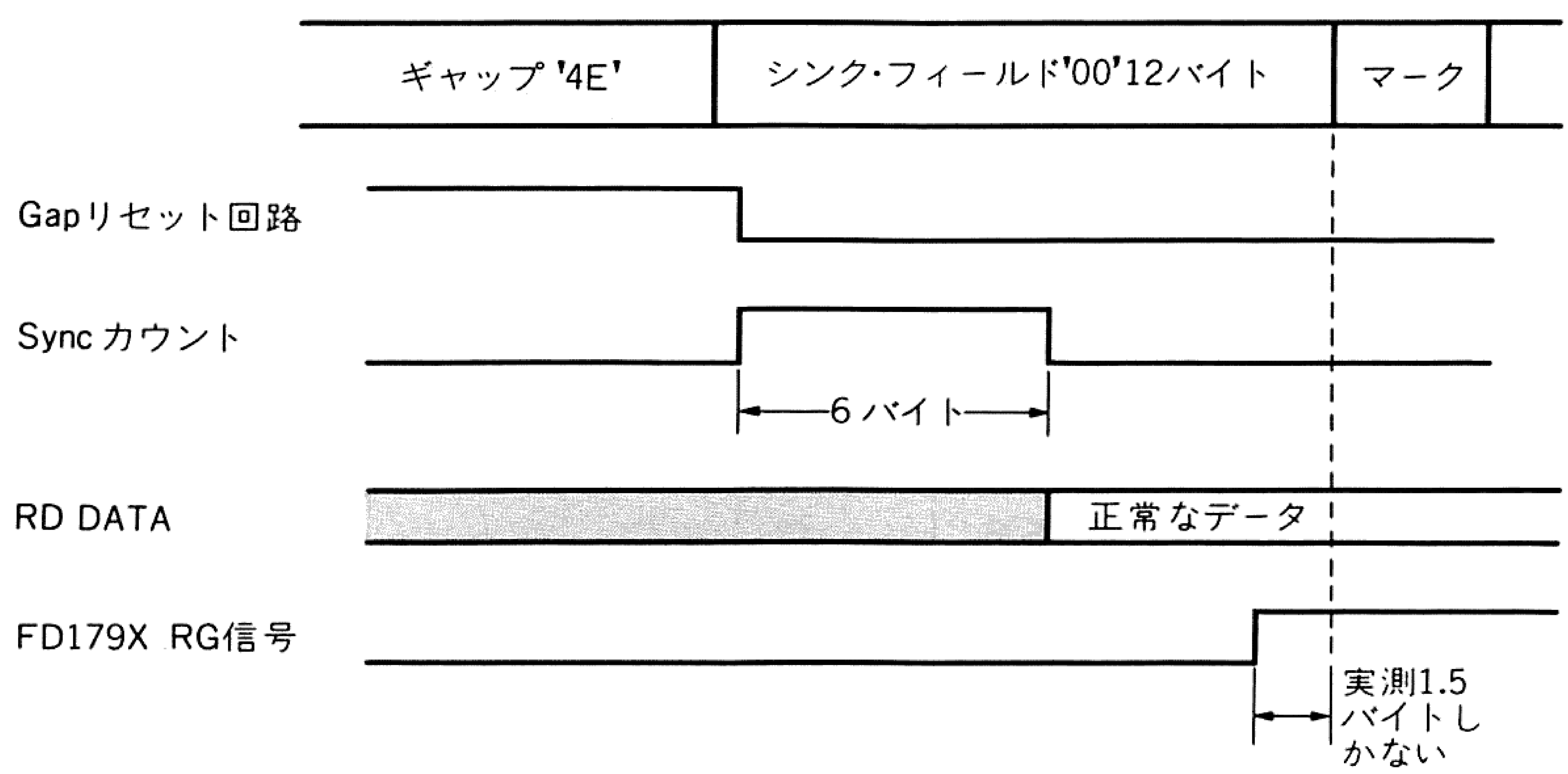
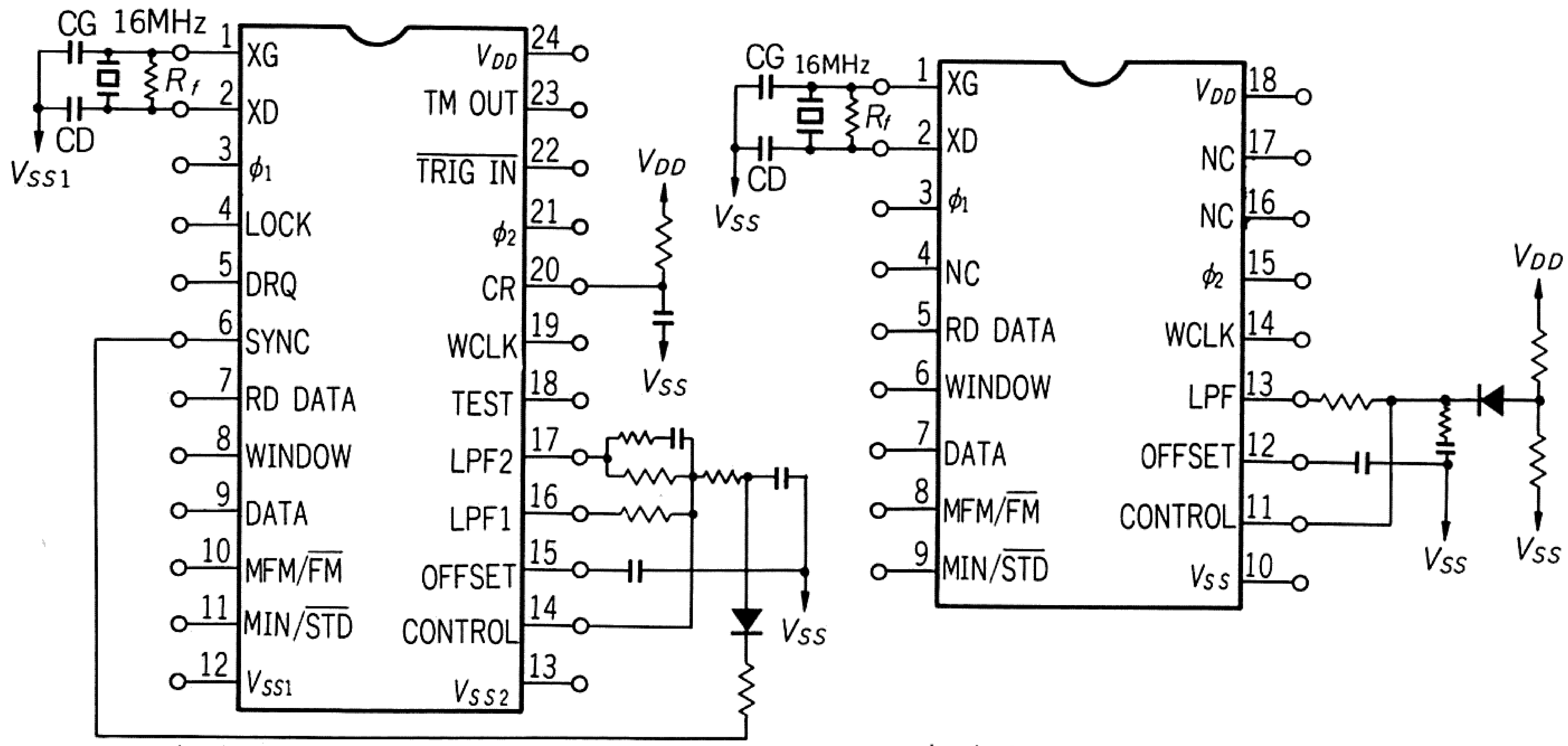


図 8.16 に内部のブロック図を示す．ディジタル・ワンショットは前に説明したディスクリートVFO回路の**図 8.1** のRD DATA入力部のタイマに相当するものである．ちょっと面白いのはVCOがつねに基準周波数 16MHzと比較しながら発振していることで，これによりデータを読み取らないような場合，発振周波数を中心値に戻すことができる．FDDから入力されたRD DATAはウィンドウの中心へ並べ直されデータ信号として出力される．

SED9420Cは，また，FDC用クロック出力をもっているため便利になっている．とくに μPD765 のように 2 種類ものクロックを入力しなければならないときは有利である．

7.7 の(**1**)で述べた"00"ギャップに対しては正常動作できないため，8 インチの旧型システムとのディスク互換性が必要な場合は注意が必要である．

図 8.15　SED9420 シリーズ　ピン配列とフィルタ接続例



（a）SED9420C
（24 ピン DIP パッケージ）

（b）SED9421C
（18 ピン DIP パッケージ）

表 8.2　FDCとの適合

	SED9420C	SED9421C
	24 ピン	18 ピン
μPD765 系	◎	○
FD179X 系	×	○

◎ ゲイン切替えあり
○ ゲイン切替えなし

8.5　富士通製VFO LSI

1984年2月に富士通製のFDD用VFO LSIの試作品と暫定仕様書を入手し，テストしたので，これも紹介する．このICはワイ・イー・データ製3チップ VFO LSI を1チップ化したものであり，つぎのような特徴をもっている．

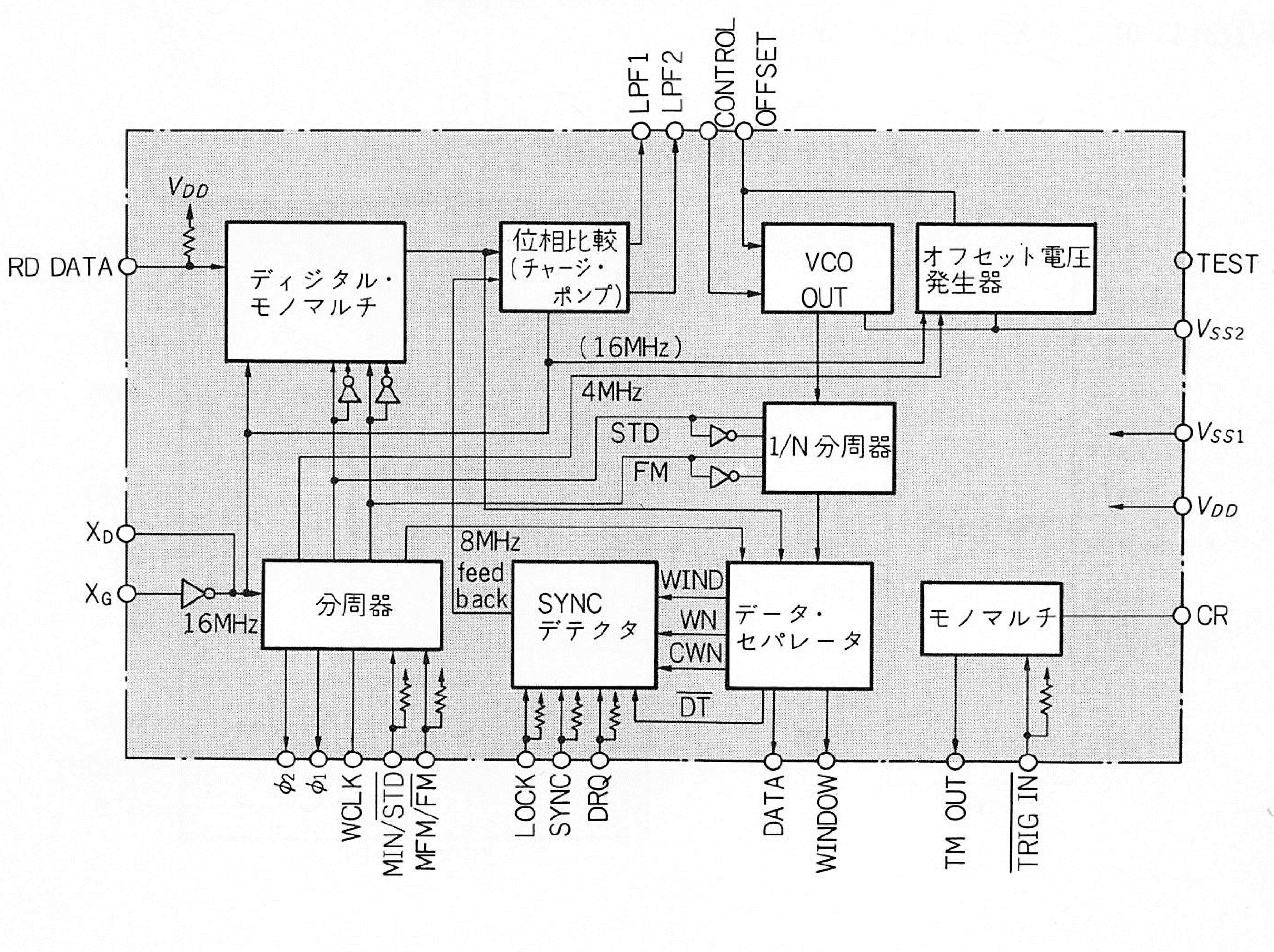
(1) アナログ方式でループ・ゲイン切替え型のVFOである．ゲイン切替えはLSI内部で自動的に行われる．

(2) FM/MFMフォーマットはもちろん，8インチ，5¼インチFDDもピン1本の切替えで使用できる．

(3) 内部にIBMフォーマットで使用している各種のアドレス・マーク検出機能をもっているため，ループ・ゲインの切替え，ID部およびデータ部の頭の部分のVFOロックはとくにFDCからのコントロールなしに自動的に行う．

(4) FDCはMB887X，FD179X，μPD765などに使用できる．また，これらが使用するク

図 8.16　SED9420Cブロック図



ロック信号の発生回路を内蔵している.

(5) ギャップ検出回路(ディジタル方式)を内蔵することによりギャップ部での発振周波数を中心値に戻すフリーラン方式を採用し,FDCを含めた回路の安定性を増した.

(6) 無調整化されている.

(7) 24 ピン・パッケージで外付け部品も少なく,小型な回路が実現できる.

このICはまだエンジニアリング・サンプルの段階であり,市販されるのは1984年10月以降になると思われる.

8.6 ウェスタン・ディジタル製WD1691

WD1691はFDDサポートICとして開発されたもので,名称もFSL(Floppy Suport Logic)呼ばれている.また,このICと組み合わせて使用するWD2143-01も用意されている.これらのICのピン配列,ブロック図を図8.17,8.18に示す.図8.17のブロック図からわかるように,このICはVFO回路の位相比較器と書込み補償回路の一部をもったもので,このIC1個ではVFO回路は構成できない.図8.19はAPノートからの引用だが,このように通常はVCO IC (74S124, 74LS629) と書込み補償用タイミングを作る4相発振器WD2143-01とを組み合わせて使用する.

図8.17　WD1691のピン配列とブロック図

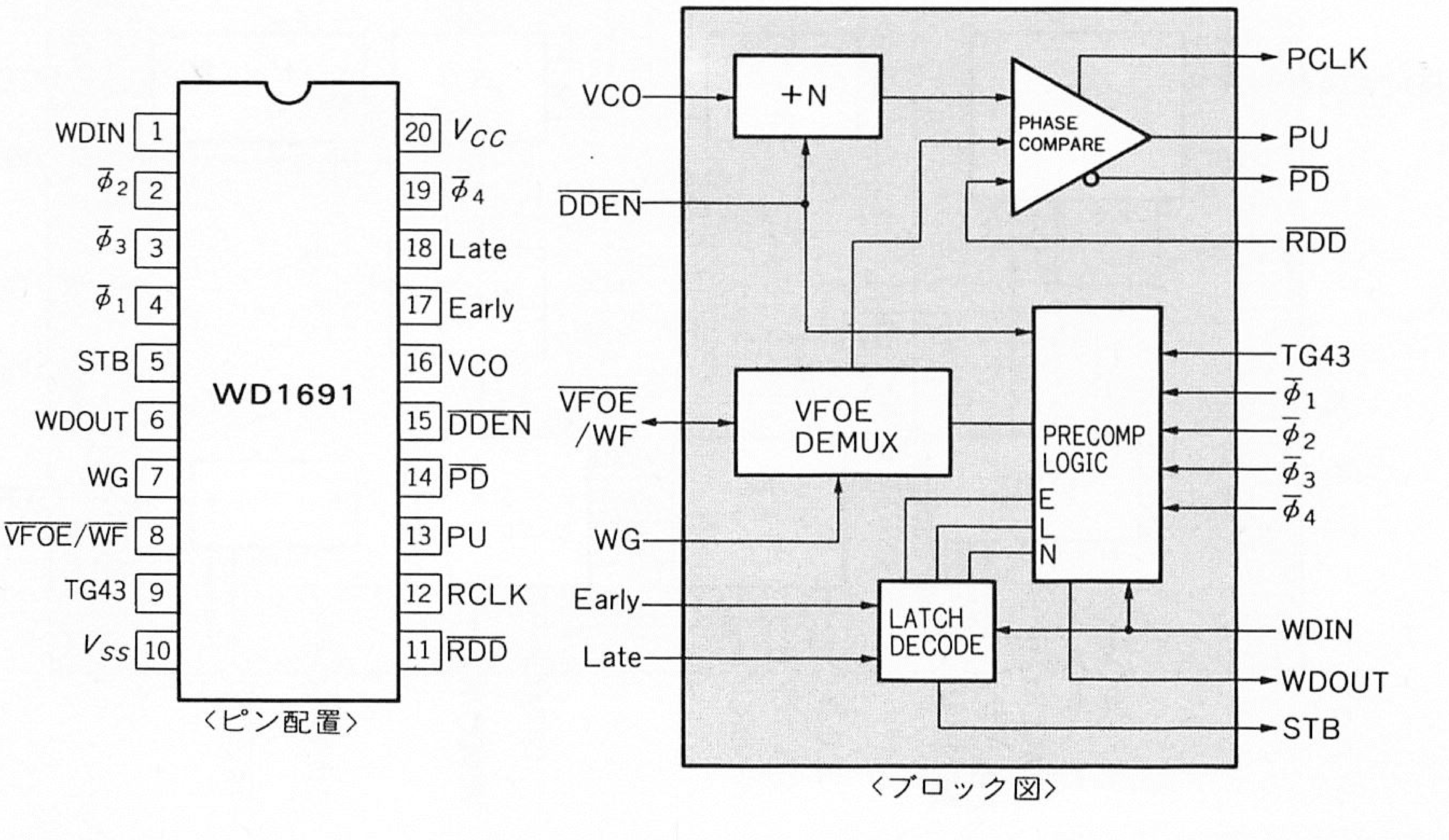


図 8.18　WD2143-01 のピン配列とブロック図

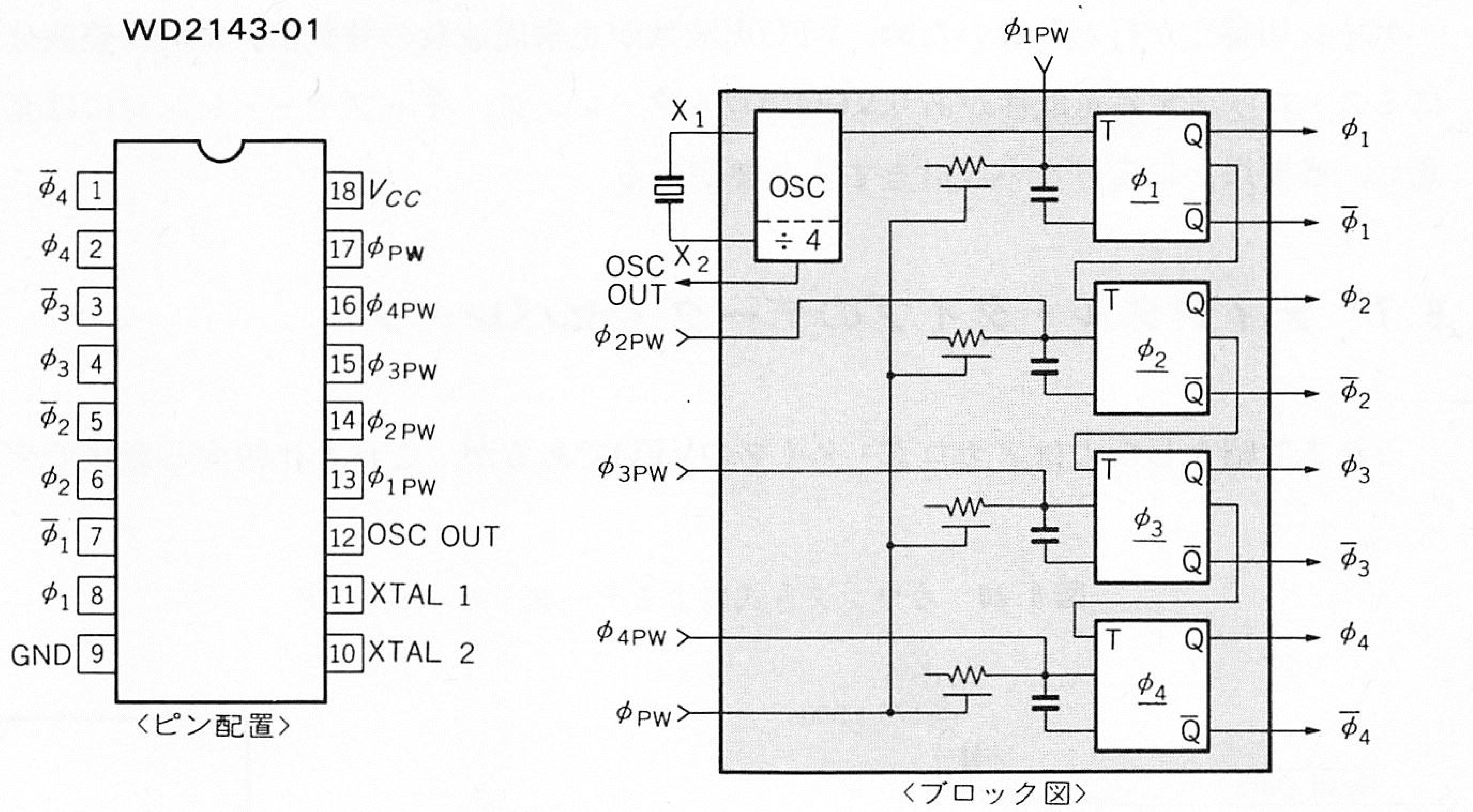
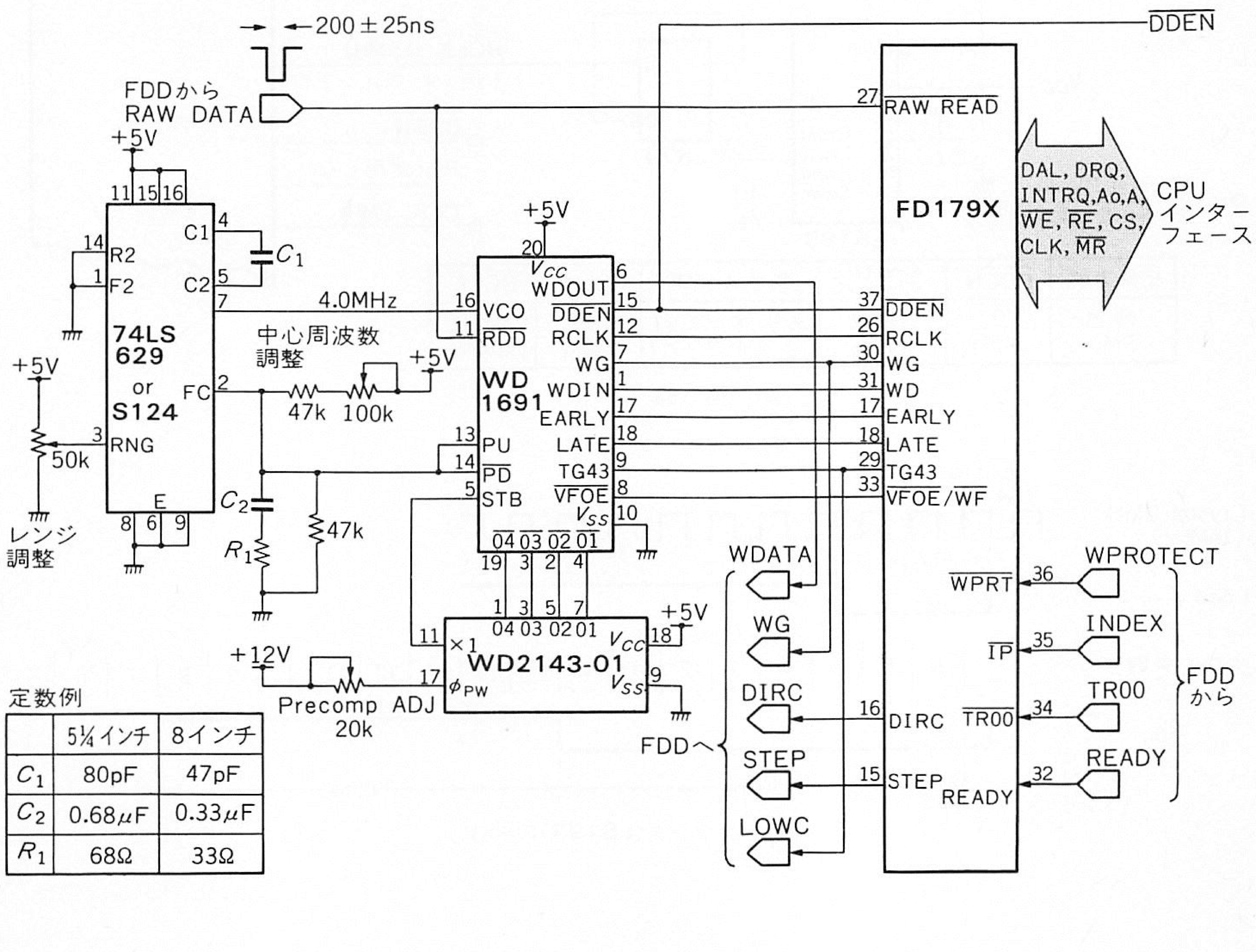


図 8.19　WD1691 によるFD179Xサポート回路



定数例

	5¼インチ	8インチ
C_1	80pF	47pF
C_2	0.68μF	0.33μF
R_1	68Ω	33Ω

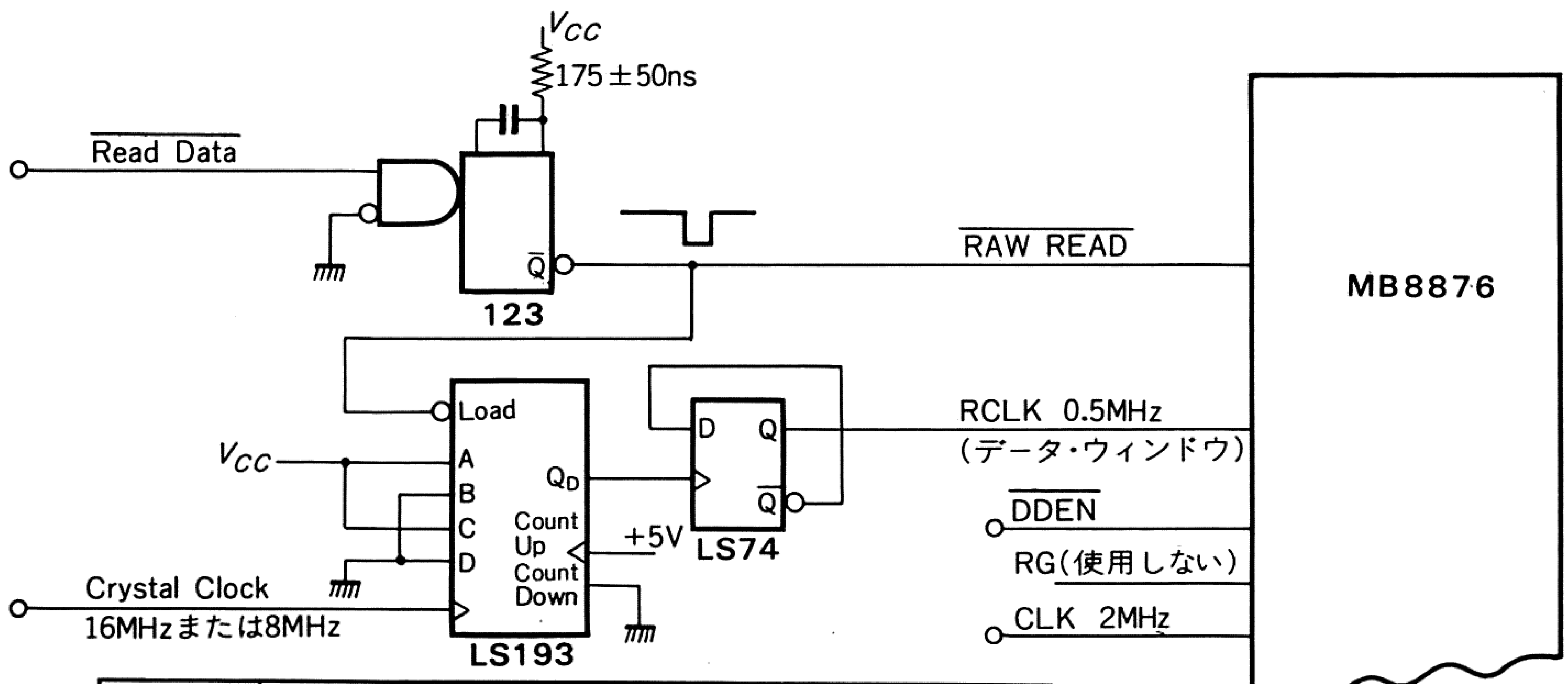
この回路構成のVFOはアナログ・タイプのゲイン切替えのないものとなる.

ゲイン切替えが行われないため，VFO周波数が正常周波数の整数倍，または整数分の1にミス・ロックする可能性がありVCOのロック・レンジ，キャプチャ・レンジには充分注意し，必要以上に広げない設計をする必要がある.

8.7　ディジタル・タイプのデータ・セパレータ

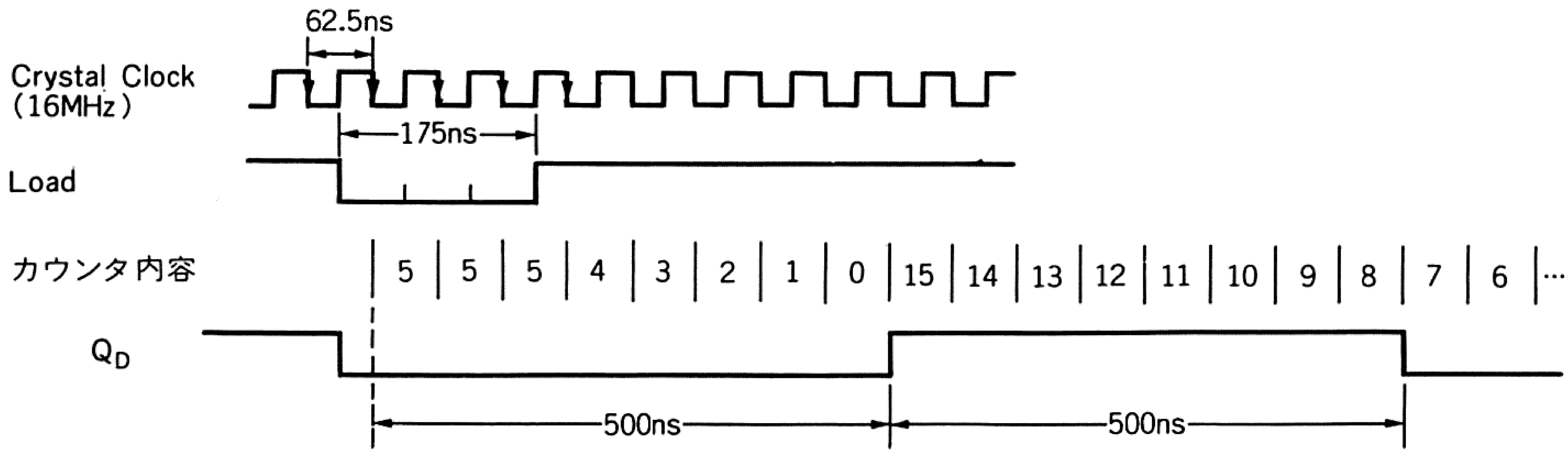
これまで紹介したのはアナログ・タイプのVFOであるが，これと比較する意味でディジ

図8.20　カウンタ方式によるデータ・セパレータ[1)]



記録方式	DDEN	Crystal Clock	書込み補償	CLK	RCLK
MFM FM	"0" "1"	16MHz 8MHz	あり(すべてのトラック)	2MHz 2MHz	0.5MHz 0.25MHz

(a)　回　路



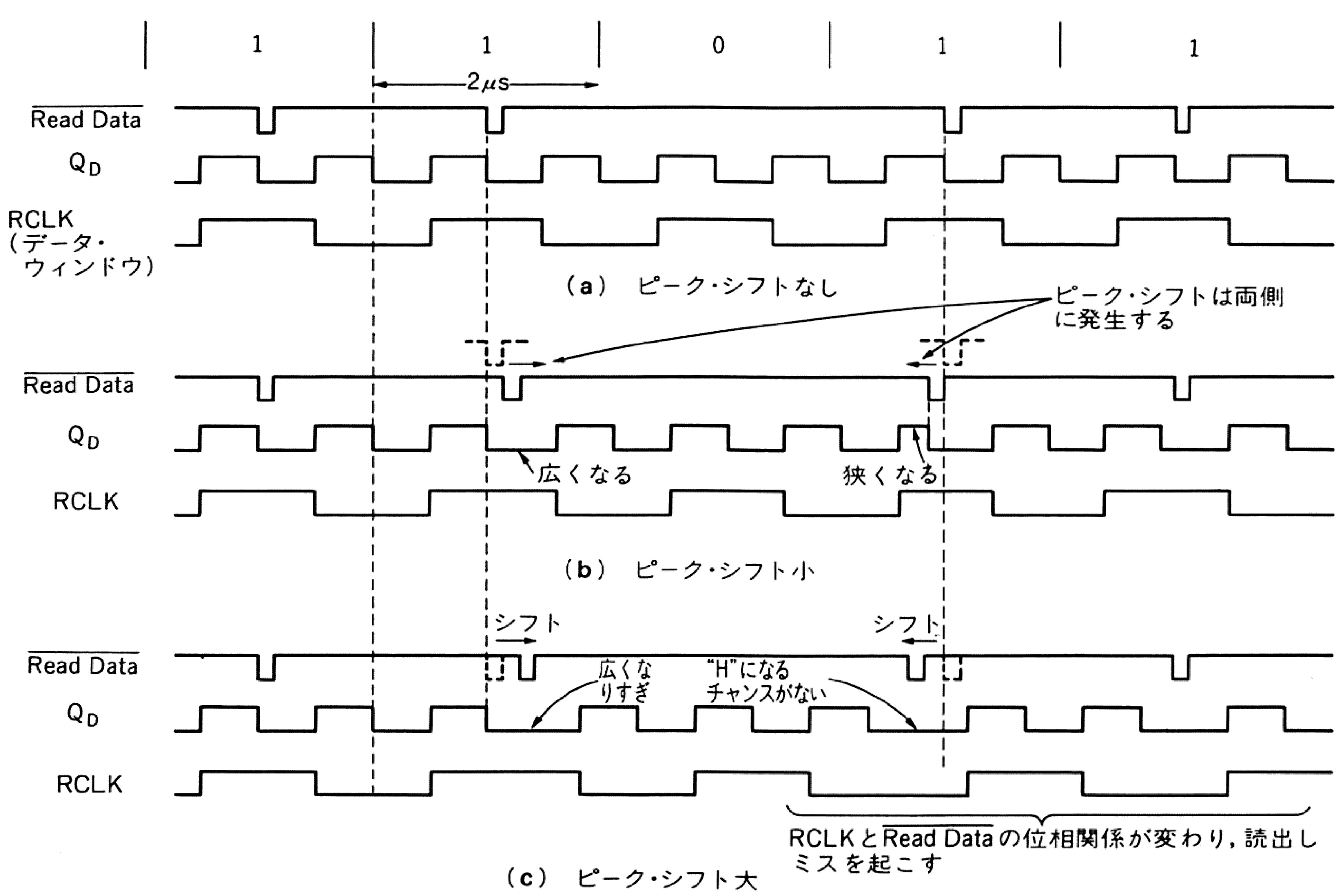
(b)　カウンタ(LS193)の動作

タル・タイプのカウンタ方式データ・セパレータを説明する．図8.20に回路図を示す．FDCとしてMB8876を使用しているが，コントロール信号が不要なため，どのFDCにも接続できる．また後述するSMC(Standard Microsystems Corporation)社より発売されている8ピンDIPパッケージの1チップ・データ・セパレータFDC9216，FDC9226も基本周波数が半分となるが，動作の上ではほぼこれと同じであり参考になると思う．

このデータ・セパレータは，クロックとカウンタによるいわばフリーラン方式であり，VFOのように帰還型で動作するものではない．同図(b)に示すように，$\overline{\text{RAW READ}}$信号がくるたびにカウンタへ適当な数(この回路では5)をロードし，$\overline{\text{RAW READ}}$パルスがなければ，一つ前のパルスからカウンタでつくった時間で，データ・ウィンドウを切り替える．

これは，FM方式のように，データ・ウィンドウがピーク・シフトに対し充分広いとき(タイム・マージンが充分大きいとき)は問題がないが，とくに8インチ倍密度，5¼インチ高密度・倍トラックFDDではむずかしい．

図8.21 カウンタ方式のデータ・セパレート動作[1)]



たとえば，ワイ・イー・データ製，8インチFDDでは，仕様書上ピーク・シフトの最大値が±350μs，幅で700μsあるが，これを読み出す場合をみると，ピーク・シフトが増えるにしたがい，**図8.21**で(a)→(b)→(c)のようになり，±350nsにピーク・シフトが抑えられていても同図(c)の場合が生じ，エラーを発生する．

ディジタル型データ・セパレート回路の不利なのは，つぎのような点である．

(1) 量子化誤差がある．つまりFDDから読み出される$\overline{\text{RAW READ}}$パルスはカウンタ用のクロック信号とは非同期であり，クロック信号のどこに入るか分らない．つまりウィンドウのぎりぎりに$\overline{\text{RAW READ}}$パルスが入ったときは最大クロック1サイクル分の時間はデータが正しく読み取れなくなる．

(2) ピーク・シフトの方向性によるもの．前にも説明したようにディスクから読み出された$\overline{\text{RAW READ}}$パルスはパルスの間隔が異なると狭い方から広い方向へパルスが移動するピーク・シフト現象がある．このピーク・シフトは必ず，早い方向にずれる/遅い方向にずれる，がペアになって現れる．ディジタル型ではそのつどウィンドウ位置がセットしなおされるため，ウィンドウとの相対関係ではピーク・シフト量が倍になってタイム・マージンを下げてしまう．

(3) 回転変動に追尾しない．ディジタル型では$\overline{\text{RAW READ}}$パルスはつねに定常周波数で

図8.22　FDC9216ピン配列

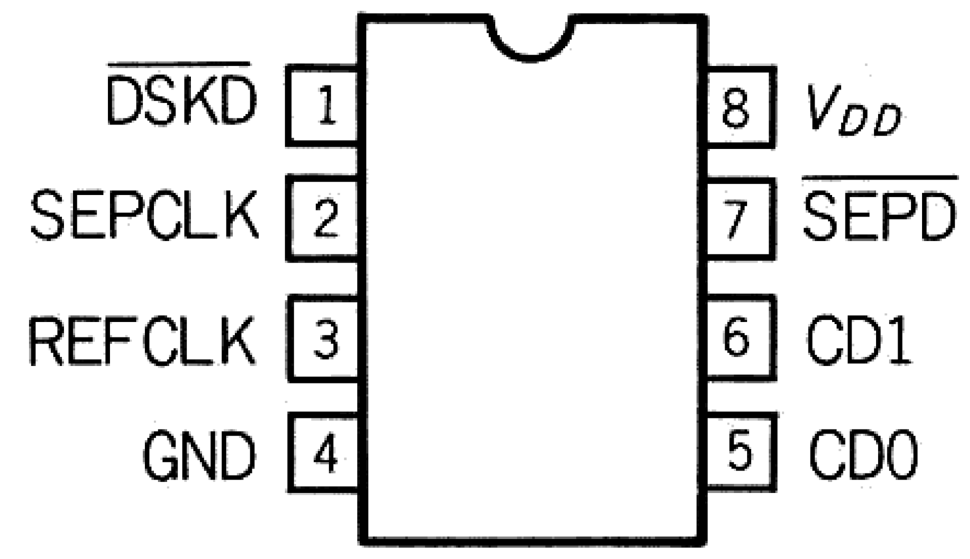
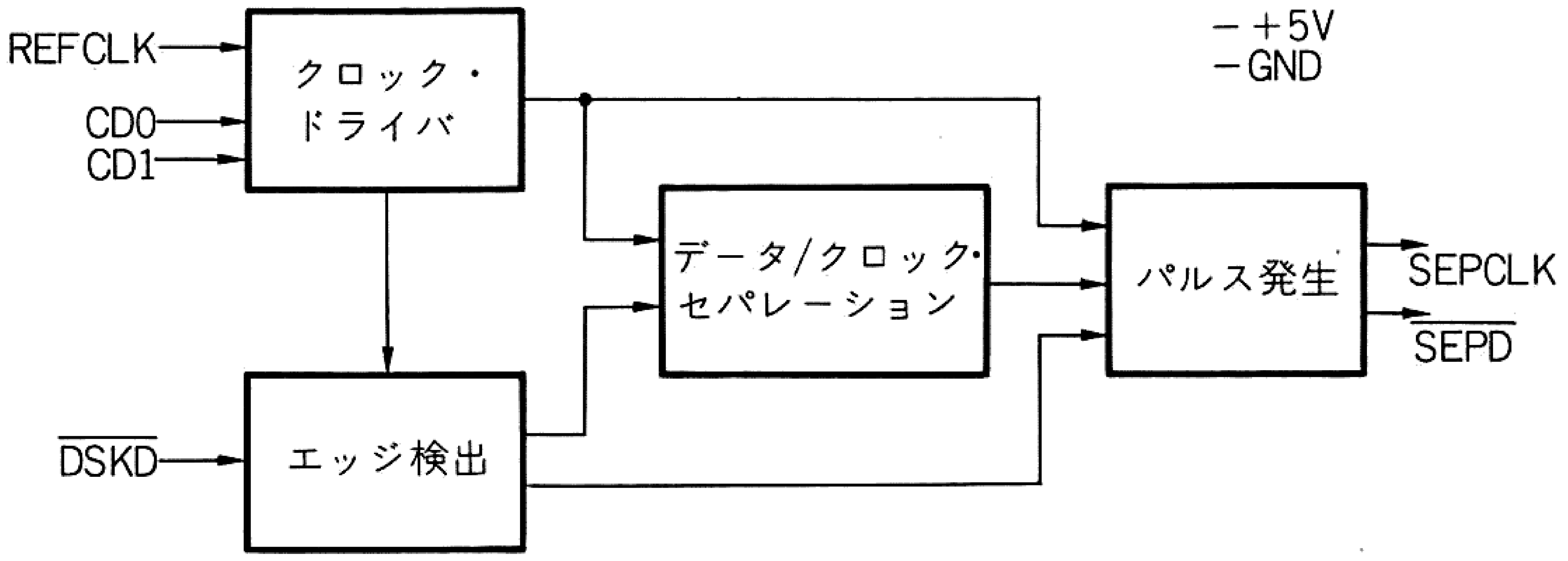


図8.23　FDC9216ブロック図



入ると想定し，基準クロックを合わせているが，実際のFDDでは書込み/読出しともそれぞれ± 2 ～2.5%程度の速度ずれをもっている．これが書込み/読出しで悪い方向に重なると± 5 %の速度ずれとなる．瞬間的にはもっと大きな速度変動があるが，ディジタル型ではこの変動分だけつねにウィンドウが狭くなったのと同じ結果を生む．

8.8　SMC社製FDC 9216

このICは図 **8.22** にピン配列，図 **8.23** にブロック図を示したように，8 ピンのディジタル型データ・セパレータICである．完全ディジタルのため，外付け部品はまったく必要としない．ピン数からいうと，まさに理想的なデータ・セパレータであるが，内容は **8.7** で説明したディスクリート・ディジタル型とクロック周波数が半分になっている点以外はほぼ同じと考えてよく，使い方には充分注意する必要がある．

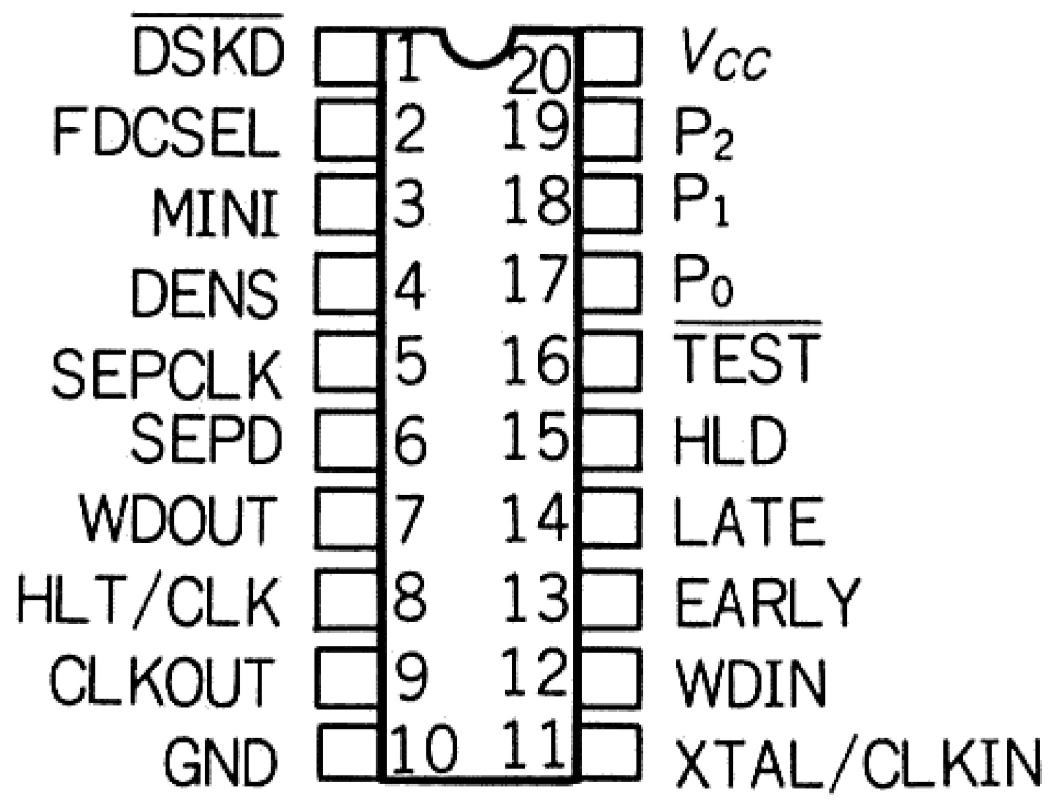
一般的にはタイム・マージンの充分ある 5 ¼インチ，48 TPI FDDでは問題ないと思うが，それ以上密度の高いFDDと組み合わせるときは書込み補償などでタイム・マージンを高めることが必要となる．

8.9　SMC社製FDC9229

FDC9216 の改良型データ・セパレータである．

ピン配列は図 **8.24** のように 20 ピンの 0.3 インチ幅DIPパッケージである．機能的には書込み補償までも含めたFDCに必要なほとんどの機能，すなわち，つぎに示す機能をもっている．

図 **8.24**　FDC9229 ピン配列



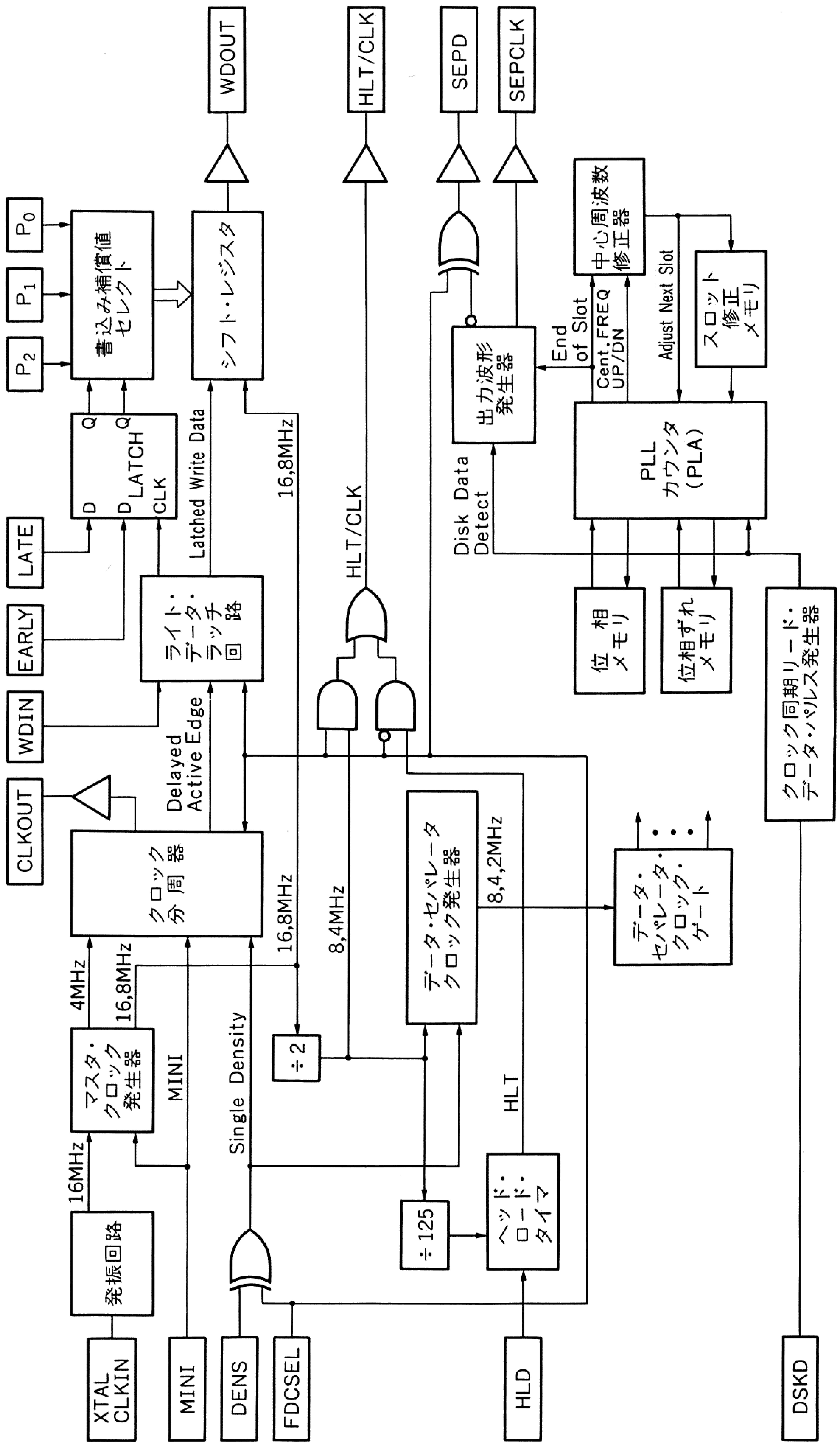


図 8.25 FDC9229 ブロック図

表 8.3 FDC9229 ファミリ

	適用 FDD		発振回路	
	$5\frac{1}{4}$ インチ	8 インチ	内　蔵	外　部
FDC 9229	○	○	○	
FDC 9229B	×	○	○	
FDC 9229T	○	○		○
FDC 9229BT	×	○		○

(1) FDC9216 タイプ・データ・セパレータ.

(2) タップ切替えにより補償量の可変できる書込み補償回路.

$5\frac{1}{4}$インチFDDのとき 0 ～625ns, 8 インチFDDのとき 0 ～312.5nsの補償量が使用できる. トラックによる補償量切替えもできる.

(3) FD179X用ディジタル式ヘッド・ロード・タイマ内蔵.

(4) 水晶発振器が直結でき, 外部に発振回路がいらない.

(5) 端子切替えにより $5\frac{1}{4}$インチ, 8 インチFDD, MFM, FM記録方式が使用できる.

(6) FDC用クロック出力をもっている. 当然FD179X用, μPD765 用の二つが切替えで使用できる.

図 8.25 にFDC9229のブロック図を, **表 8.3** にFDC9229 ファミリ一覧表を示す. SMC社の製品は国内ではトーメン・エレクトロニクス㈱で取り扱っている.

第9章

FDCとFDDインターフェース

9.1　MB8876とFDDのインターフェース

MB8876と8インチFDDの一例としてYD-180-1600とのインターフェース例を**図9.1**に示す．FDC-FDD間のかなりの信号はバッファを通し直接接続できる．

Drive Select, Switch Filter, Head Select, In Use信号などは，MB8876がもっていないためI/Oポートなどを介してCPUから出力する必要がある．またReady 0～3, Disk 2 Senseなどの信号も必要に応じてI/OポートからCPUへ取り込む必要がある．

VFO回路については前章の回路を参照してほしい．

図9.2にMB8876と5¼インチFDDの代表としてYD-274との接続例を示す．5¼インチFDDのほうが信号数が少ない分だけ回路も簡単になる．

9.2　μPD765AとFDDのインターフェース

図9.3にμPD765AとYD-180-1600とのインターフェース例を示す．μPD765Aは，Head Select, Drive Selectなどの信号が用意されているため，MB8876に比べるとI/Oポートの数は少なくてすむ．ただSwitch Filter信号は用意されていないため外部でコントロールする必要がある．また一部の信号が，シーク・モードと，他のモードで切り替えられて入出力されるためこの切替え回路などが必要になる．

μPD765Aはアイドル状態(書込み/読出しをしていないとき，シーク時の途中，ステップ・パルスからつぎのステップ・パルスの間もこれに含まれる)ではつねにドライブ番号(US0, US1)の切替えが行われており，デージ・チェイン接続されたFDDのうち使用して

図9.1　MB8876とYD-180-1600のインターフェース

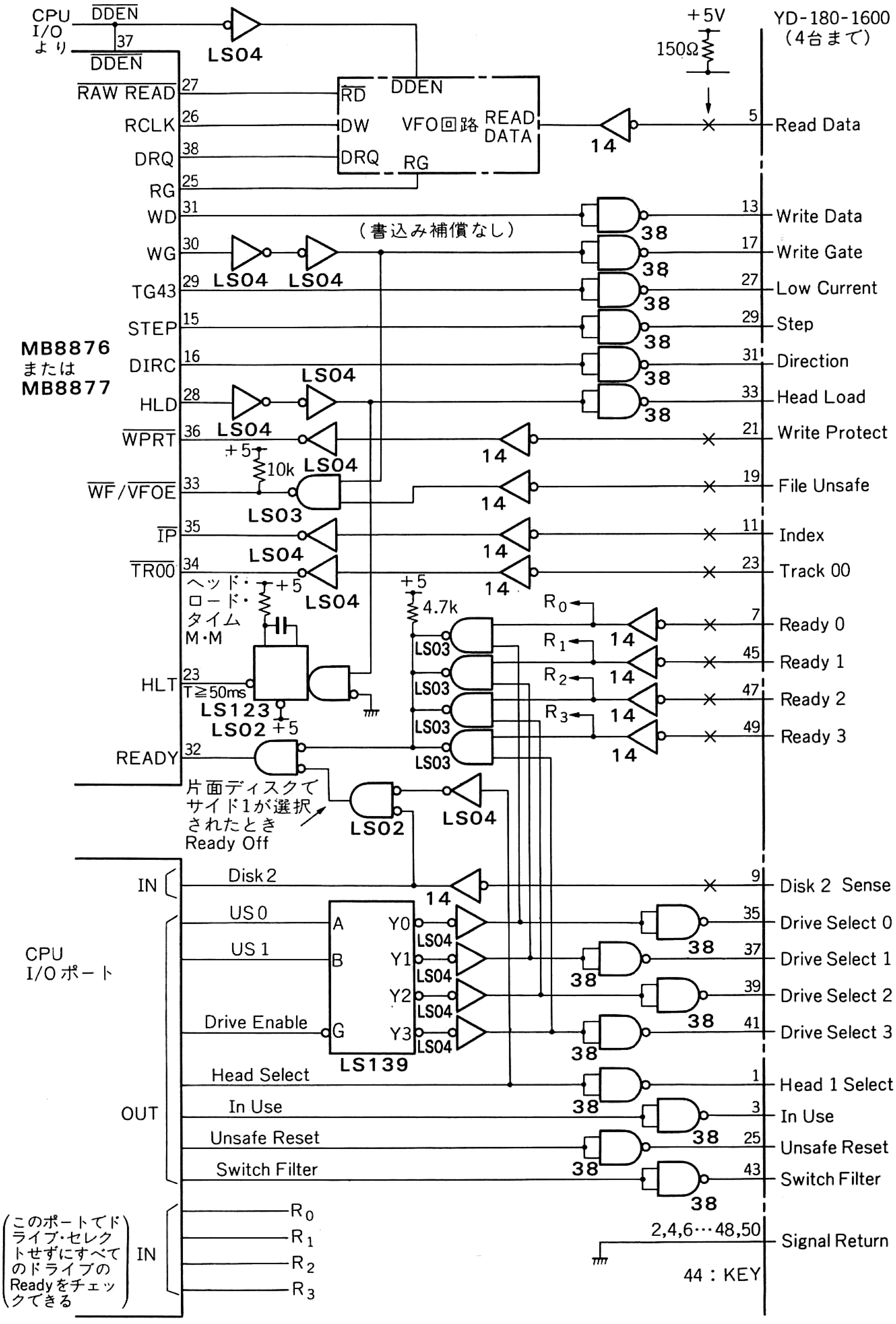


図 9.2 YD-274 とMB8876のインターフェース

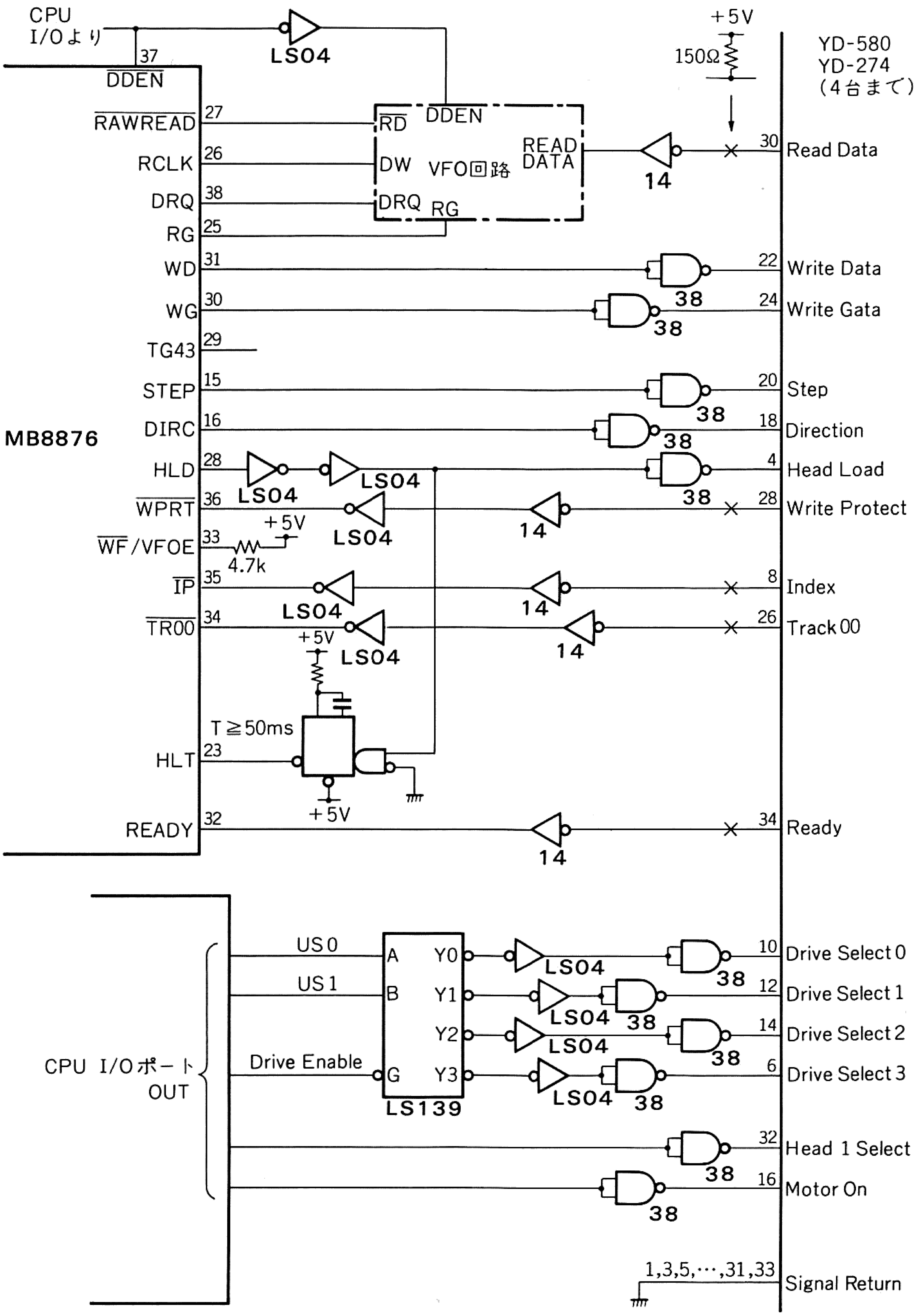


図 9.3 μPD765AとYD-180-1600のインターフェース

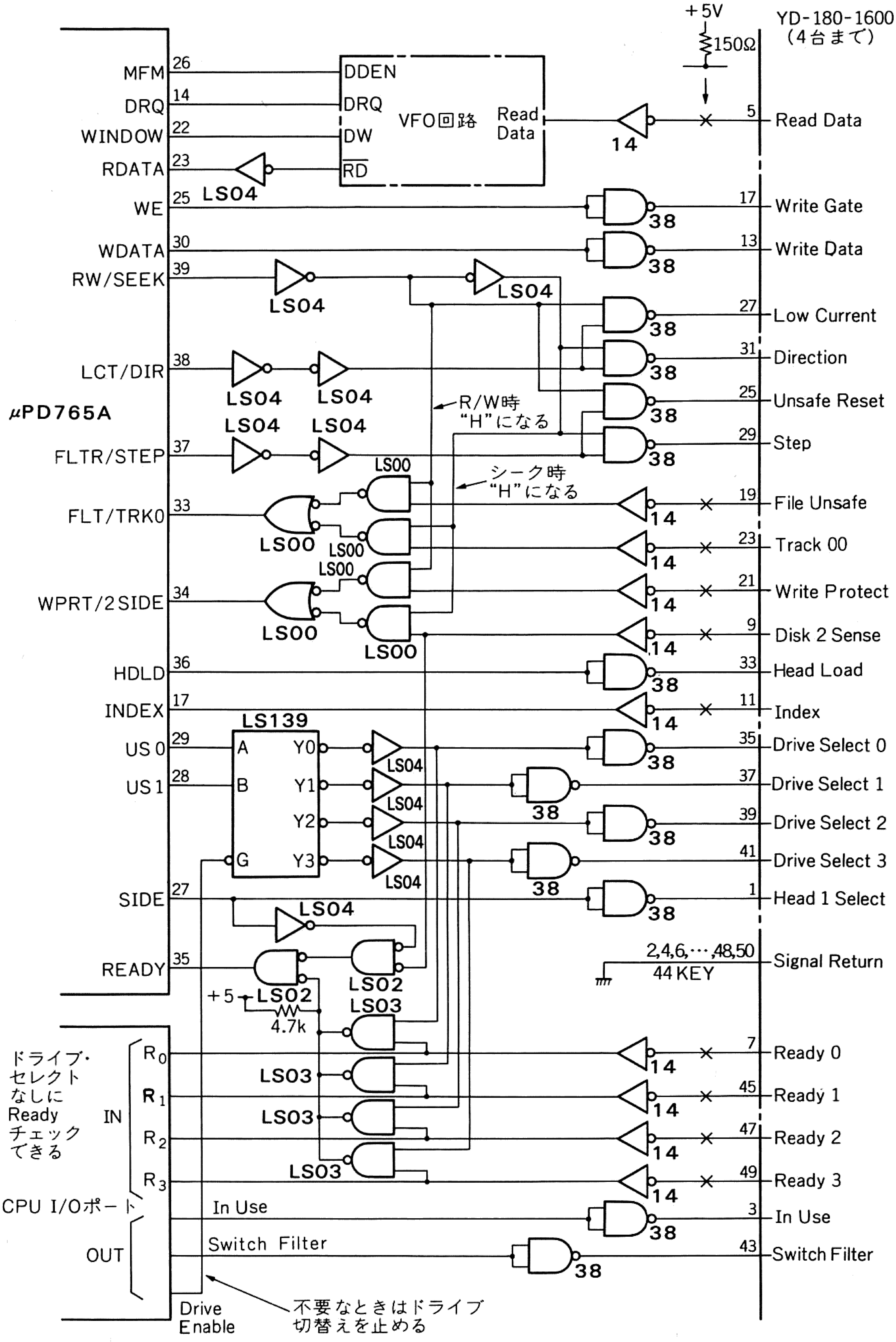
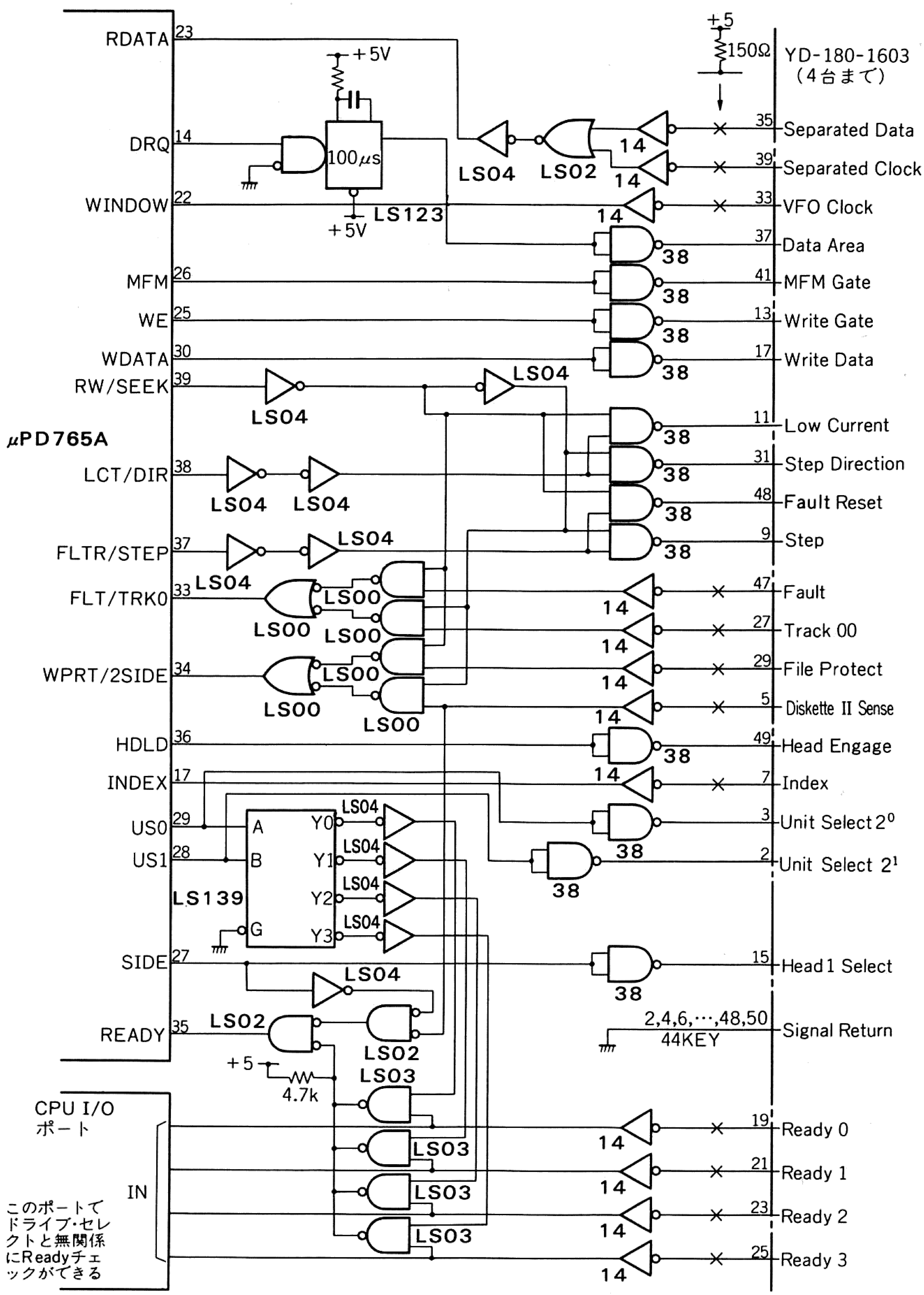


図 9.4 μPD765A と YD-180-1603 のインターフェース



いないFDDでも，一時的にセレクトされ，使用中表示ランプが点滅したりする．またIn Use信号とDrive Select信号の組合せで，複数台のFDDに同時に使用中ランプを点灯させたり，ドアをロックしディスクをはずせない状態にしたりするコントロールはできない．このため同図下部にあるように，必要時以外はドライブ番号切替えを止めるか，あるいはまったく別にI/Oポートからドライブ番号を指定するほうが便利な場合がある．

VFO内蔵型の8インチFDD YD-180-1603とμPD765Aのインターフェース例を図**9.4**に示す．RDATAとData Area信号の接続をとくに参考にしてほしい．

これら信号はFD1791シリーズでも同様のあつかいとなる．

第10章

FDD使用上の注意事項

10.1　耐ノイズ対策

従来のパソコンやオフコンではFDDは別置きユニットとされることが多く，またシステムに組み込んでもかなり大きなスペースが許されていた．これに対し最近は，FDDの小型化，薄型化もありシステムの外形がどんどん小型化されている．これにともないFDDの取付け位置もCRTや，スイッチング電源と非常に近づいている．これらのユニットはFDDの使用している周波数帯域に近い信号を使用しており，電界，磁界として発生したノイズがFDDに入りやすい．

CRTでは，高圧発生用のフライバック・トランスからのもれ磁束が問題となる．また電源ではスイッチング周波数が，高効率化のためだんだん上り，FDDとほとんど同じ周波数を使用しているものさえある．また，コスト・ダウンのためか，フィルタ回路も従来よりやや手を抜いているように思える．

FDD自体も，高密度化のため取り扱う信号レベルは小さくなっており，増々SN比の悪化をまねくこととなる．

最近のFDDは外来ノイズに対しかなり対策を施している．たとえば，ヘッドのシールドは，従来，簡単なパーマロイのリングや上面カバーのみであったが，最近は0Vに接続した銅とパーマロイで大きくカバーしたり，ヘッドのまわりの部品，キャリッジやヘッド・アーム，ジンバル板バネなどを銅メッキしたりしている．また回路とヘッド間にアルミ板を入れたり，リード・アンプまわりをアルミ板でシールドしたりすることが行われている．

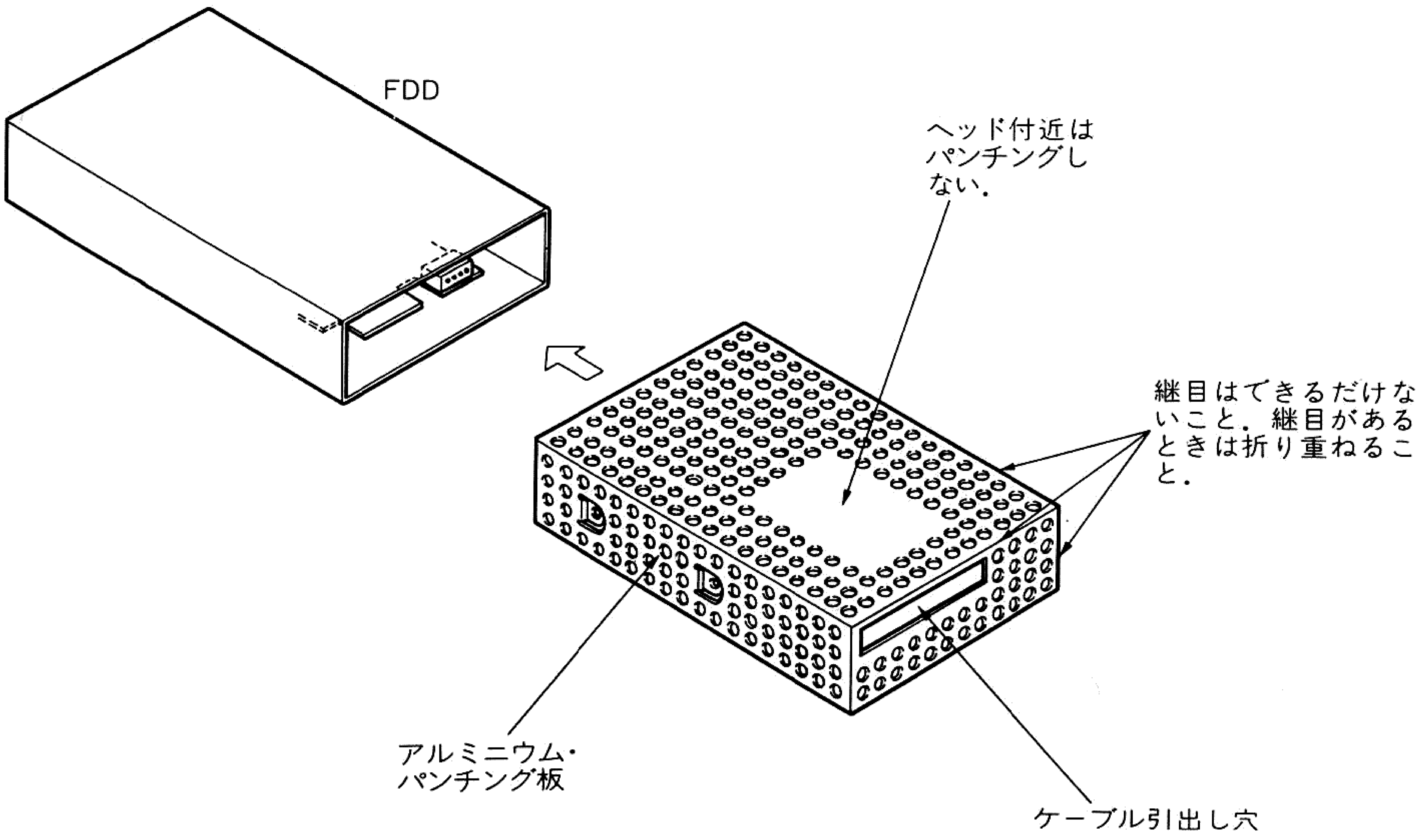
それでも，FDDをシステムに搭載するときは外来ノイズに対しては充分注意する必要があり，ノイズ・レベルの測定法を確立しておく必要がある．一例としては，リード・アン

プの微分器出力で見てSN比が20 dB以上必要という結果がある．もちろん，このときの信号レベルは出力の一番小さくなる最内周のトラックで，かつ，2F（8インチFDDで250 kHzのアナログ信号）出力を使用する．ただし，ノイズ・レベルはトラック位置やサイド切替えによって，また，複数台使用時にはドライブの取付け位置によっても変化するため，基本的にはすべてのトラックでのチェックが必要になる．またCRTが別置きになったり，FDDユニットが本体から離れるようなシステムではそれぞれの位置によるチェックも必要になる．

周波数の低いもれ磁束に関しては，鉄板，パーマロイなどのほうが効果があるが，FDDが影響を受けるくらいの周波数では導電率の高い銅，アルミニウムのほうがシールド材としては効果があり，一般的にはアルミでFDDのケースを作り，これで取付け金具を兼ねていることが多い．

シールド兼取付け金具のアルミ板には必要に応じ図10.1のように冷却用の空気穴が必要となる．この穴の大きさは図10.2に示すカーブから求められる．これは電磁波の波長の1/100をプロットしたものである．これに関連していえることは板と板の継目もなくさねばいけないことである．つまり板と板は突き合わせるのではなく重ねてネジ締めするか，スポット溶接などをする必要がある．

図10.1　FDD用シールド・ケース



シールド板に必要な板厚は図**10.3**から求められる．これは電磁波が金属へ入る深さ(表皮深度)の3倍をプロットしたものである．一般的には1～1.6 mm厚程度のアルミ板がよく用いられている．

10.2　エラー処理

(1) シーク・エラー

ヘッド位置決め動作(シーク)をしたあと，目的シリンダ番号と，読み出したIDフィール

図 10.2　60 dB減衰のためのシールド板開口部

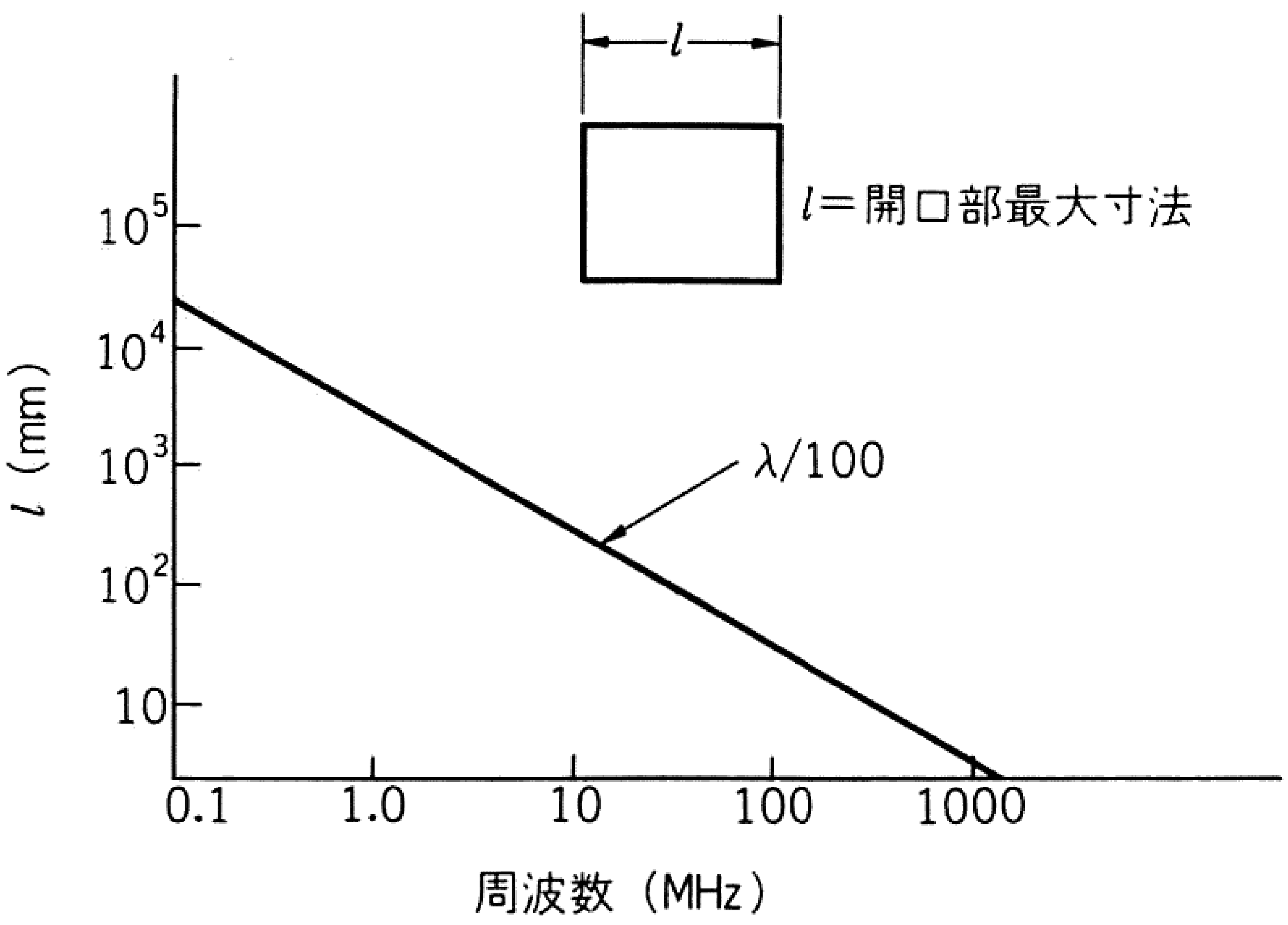
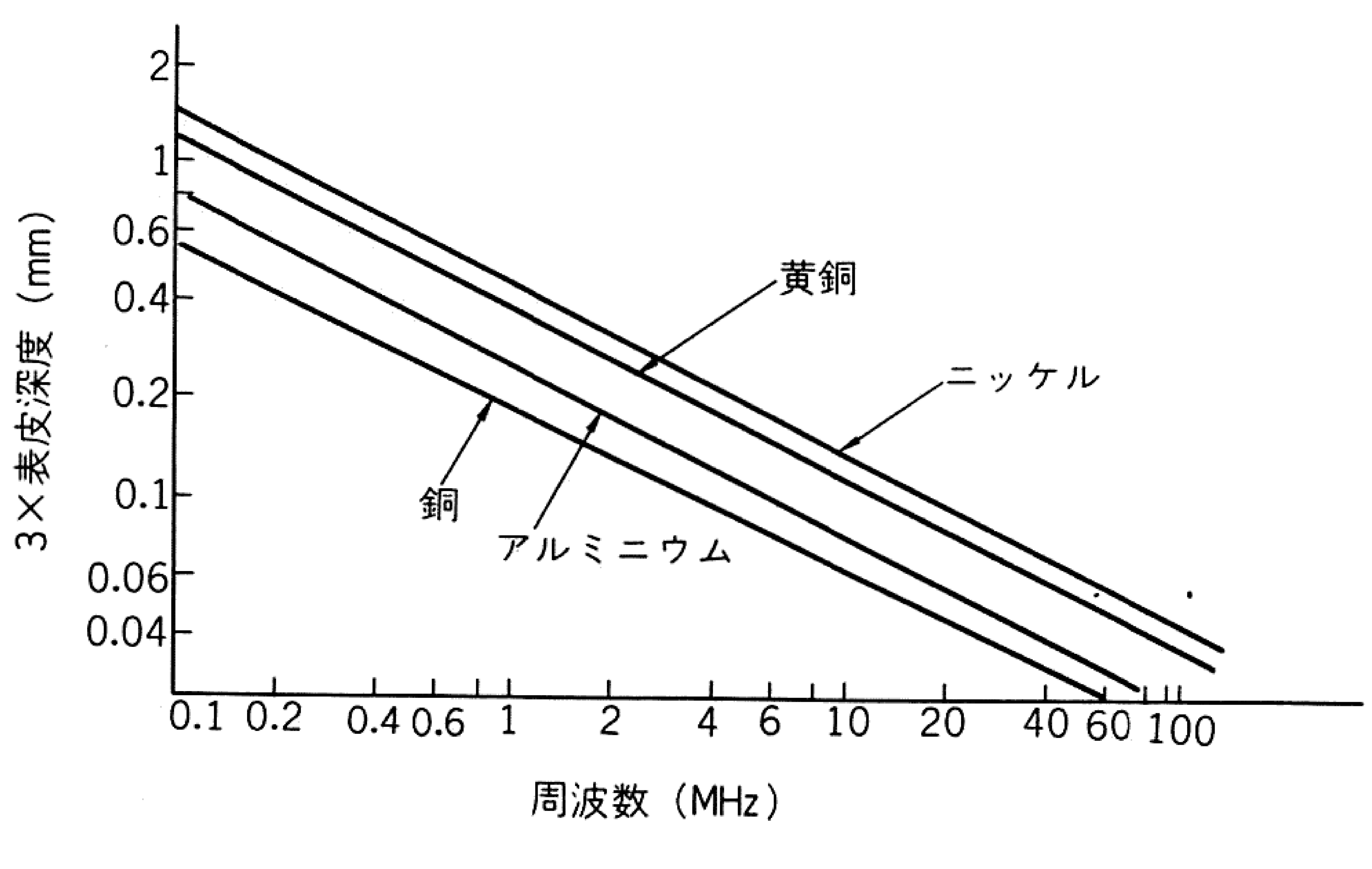


図 10.3　シールド材の厚み



ドのシリンダ番号が一致しないときをシーク・エラーと呼ぶ．このときはシークのやりなおし(シーク・リトライ)を行う．これはヘッドを1回 RestoreまたはRecaliblateコマンドによりシリンダ0にもどし，再度シークを行うものであるが，シリンダ0にもどったときにステップ安定時間をとってないことが多いので注意してほしい．つまり，これらのコマンドはトラック00信号がONまでヘッドを外周方向に送るが，トラック00信号ONと同時にコマンドが終了するため，すぐつぎのシーク・コマンドを出すと，ヘッドはシリンダ00に停止する間もなく，すぐ逆方向に移動しはじめるため，再度シーク・エラーが発生する確率が高くなる．

また，μPD765(A)ではRecaliblate時，ステップ信号が77個しか出ないため，80シリンダ・タイプのFDDを使用するときは，このコマンドを2回使う必要がある．

(2) リード・エラー

データ読出し時にエラーが発生した場合は，そのままの位置で10回程度のリード・リトライを行う．これでもエラーのときは，トラックずれが大きい可能性もあるため，前回動いてきたのと同一方向に1ステップ・ヘッドを動かし，再度，もとのトラックにもどしてリードする．これでも10回のリード・リトライでエラーのときはディスク不良である．

また何回かのリトライでやっとリードできたディスクに対しては使用をやめるようなメッセージを出すくらいの安全策があるとよい．

(3) ライト・エラー

ディスクへデータを書き込んだあとはリード・ベリファイを行う必要がある．つまり書込み後，すぐこれを読み出し，少なくともCRCエラー・チェックを行うのである．もしエラーであれば，再度書込みを行う．このときリード・リトライをしてはいけない．ライト・エラーが同一箇所で2回以上連続して発生するときは，そのディスクは使用すべきでない．つまり，書込み直後はヘッドの位置ずれもなく，非常に良い条件で読み出していることになり，この良い条件でもエラーが発生するようでは，多少なりともオフ・トラックをもつ他のFDDで読めるはずがない．逆にいうと書込み後のリード・ベリファイはそのままの状態で読み出したのではあまり意味がなく，できればデータ・ウィンドウをすこし狭くして読み出し，確実にマージンがあることを確認するのがよい．

(4) **イニシャライズ・エラー**

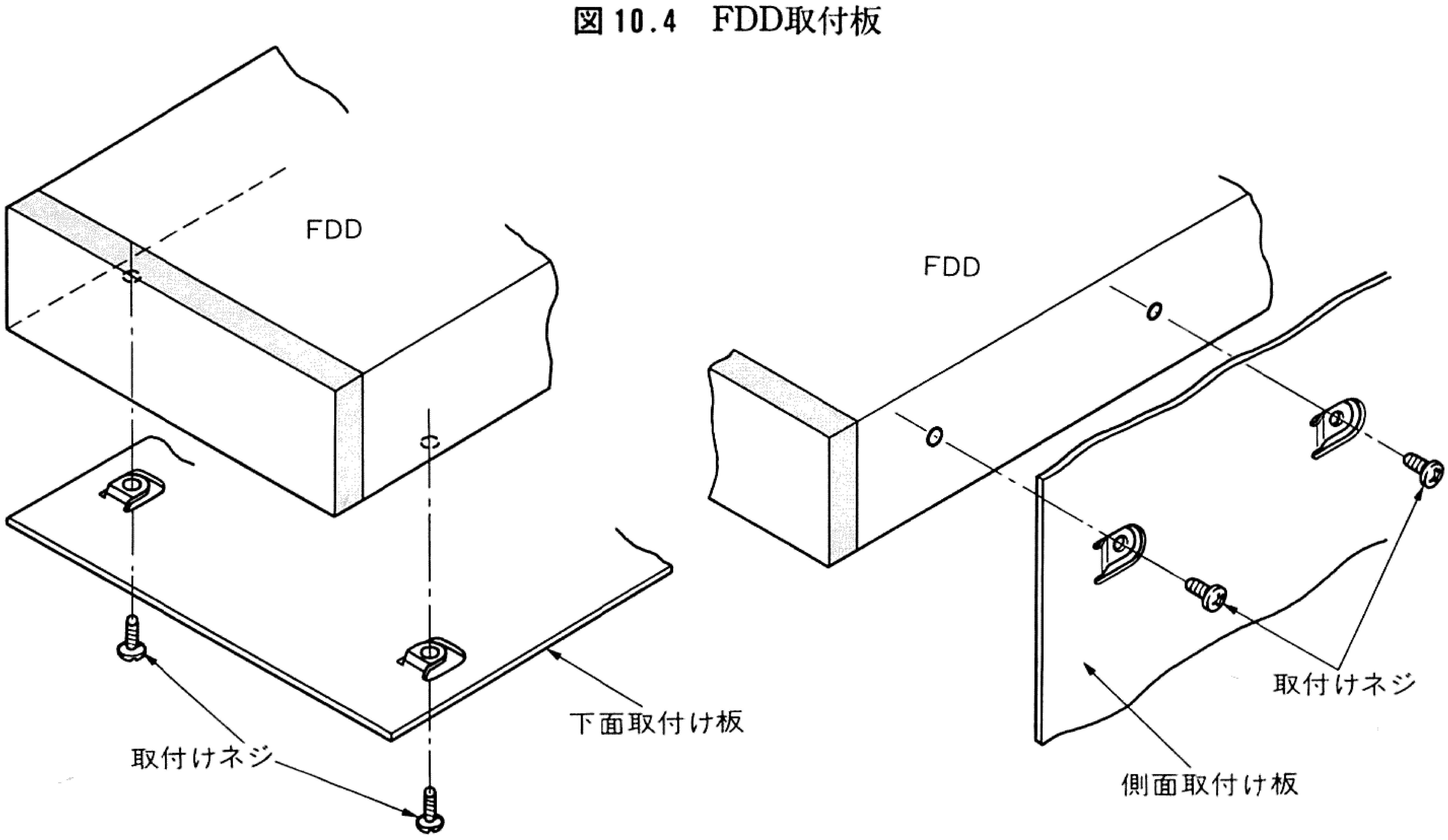
イニシャライズ時もライト時同様，書込み後のリード・チェックが必要である．ただし，このイニシャライズは普通，ディスク・メーカで管理された環境で，管理されたFDDを用いて行っているものであり，システムの信頼性上，一般ユーザはあまり行わないほうがよい．

10.3　システムへのFDD取付け

FDDをシステムなどへ組み込む際の注意事項をつぎに述べる．

FDD取付け板は前に説明したようにノイズ対策上から箱状になったものが望ましい．その際，注意したいのは，その箱のFDD取付け面の平行度，取付け穴の寸法精度である．これらが曲っていたり，ピッチが狂っていたり，幅が異なっていたりすると，FDDをネジ止めしたとき，フレームに歪が発生し，トラック位置がずれる可能性がある．とくに最近のFDDは小型，薄型化しており，フレームの強度も下がっている．実験的にも，たとえば，平面度の出ていない厚み1mm程度の鉄板をネジ止めするとフレームは容易に変型してしまう．とくに水平に取り付けるときは変型しやすい．このためネジ止め部には図10.4に示

図10.4　FDD取付板



（a）　下面取付け　　（b）　側面取付け

すような加工を施し，取付け面に自由度をもたせるのがよい．このとき，FDD下面を取付け板より少し浮かすほうがよい．また，このほかの方法として，取付けを3点止めにしたり，ゴム・ブッシュを介して取り付けるのも効果がある．

このほかつぎのような点にも注意が必要である．

(1) 取付けネジは規定の長さのものを使用すること．短ければフレームのネジ山を痛めるし，長すぎればFDD内部に入りすぎ，ケーブルの断線などの問題を発生させる可能性がある．

(2) インターフェース用のケーブルはFDDから素直に後方へのばして実装すること．そうしないと，とくにデージ・チェイン接続を行うような場合，信号用フラット・ケーブルがFDD内部に曲り込んでキャリッジと当たり，シーク・エラーを発生したりする．

(3) FDDの取付け角度もチェックする必要がある．従来の48 TPI FDDではほとんどのものが，取付け方向は自由でベゼル(ドア)が上向きになる姿勢でも使えたがトラック密度が高くなるにしたがい取付け姿勢も規制されてきている．これはタテ形に取り付けた場合，ヘッド・キャリッジの自重で，一方向に，ある程度のオフ・トラックを発生するためである．とくにヘッド駆動モータが，リニア・モータ(リニア・ステッピング・モータやボイス・コイル・モータ)の場合は，ずれが大きくなる．このためシステムに取り付ける角度はできるだけ水平にするのがよい．

(4) システムに組み込んだ状態でFDDに直射日光などの外部の光が当たらないようにすること．FDDの中には，インデクスやトラック00信号，ライト・プロテクト信号などの検出に光センサを使用している．もちろん，これらのセンサは赤外線タイプを使用しているが，強い光ではかなり影響を受けてしまう．FDDだけ組み込んだFDDユニットなどでも空気穴の位置はそれなりに考慮して開ける必要がある．

10.4 ヘッド・クリーニング

従来，両面FDDのR/Wヘッドの清掃は不要とされていたが，最近，フィールドで種々のディスケットが使用されるにしたがい，ヘッドが汚れ，このため読取り/書込みエラーを発生することがある．

そこで，FDDを使用中，エラー発生頻度が高くなったような場合，まずヘッド・クリーニングを行ってみることをすすめる．両面ヘッドはその構造上，直接清掃するのがむずかしいため，ヘッド清掃用のクリーニング・ディスクが，いくつかのディスク・メーカから

発売されている．

クリーニング・ディスクには細かいサンド・ペーパを円板にしたドライ・タイプと，和紙のようなシートを円板にし，使用時にアルコールなどをふくませて使用するウェット・タイプの2種類がある．汚れによってはドライ・タイプよりウェット・タイプのほうが効果があるが，ウェット・タイプは表面の平滑度が低くヘッド破損の恐れがあるため，その使用に当たってはFDDメーカに確認し，充分注意して使用する必要がある．片面用FDDにはパッド側が保護された(カバーがついてパッドとディスクが当たらないようになった)，片面用クリーニング・ディスクを使用する必要がある．

クリーニング・ディスクの寿命は有限であり，通常は数10回といわれている．このため，クリーニングは1ヵ所のトラックで行うのではなく，ディスク全面で行うことが望ましく，システムはヘッド・クリーニング用のソフトを用意する必要がある．ヘッド・クリーニング用のプログラムがサポートされていないシステムではイニシャライズ・モードを実行するのがてっとりばやい．このためディスクにはインデクス・ホールがあり，通常のディスクと同じようにインデクス信号が出るようになっている．クリーニングは通常1回，数10秒で充分であり，適当なステップ・レートで全トラックをシークする程度でよい．

10.5 電源ON/OFFのデータ保護

電源をON/OFFするときの，不安定な，あるいは規格外の電圧状態においてFDD自身がディスクのデータを破壊することは一般的にはない．これはFDD内で電圧検出回路を含む電源ON/OFF時の保護回路が働くためである．FDDにとって一番きびしい電圧条件は，一つは電圧が非常にゆっくり変化するとき，つまり論理回路が働くかどうかのぎりぎりの電源電圧に放置されたときであり，もう一つは非常に早い周期でON/OFFしたとき，たとえば，DC電源ラインに入れたスイッチのチャタリングなどであり，前者には適当な電圧検出回路が，後者には電源ON時のリセット信号ディレイ回路がそれぞれ必要となる．

FDDの内部では前述のような対策をほどこしているが，よく問題になるのはFDCおよびインターフェースICの誤動作によるものがある．一般的なTTL ICは，細かい仕様は満足しなくても，かなり低い電圧でも一応の論理的動作をはじめる．たとえばインターフェース用に使用するSN7438Nなどは2～2.5Vで正常な出力を出す．ところがFDCやCPUからのポート用ICなどはかなり高い(規格の4.75Vに近い)電圧にならないと正常な出力にならないものがある．電圧が低いときは必ず信号がOFFするように設計されていればよいのだ

図 10.5　電圧ON/OFF時のタイム・チャート

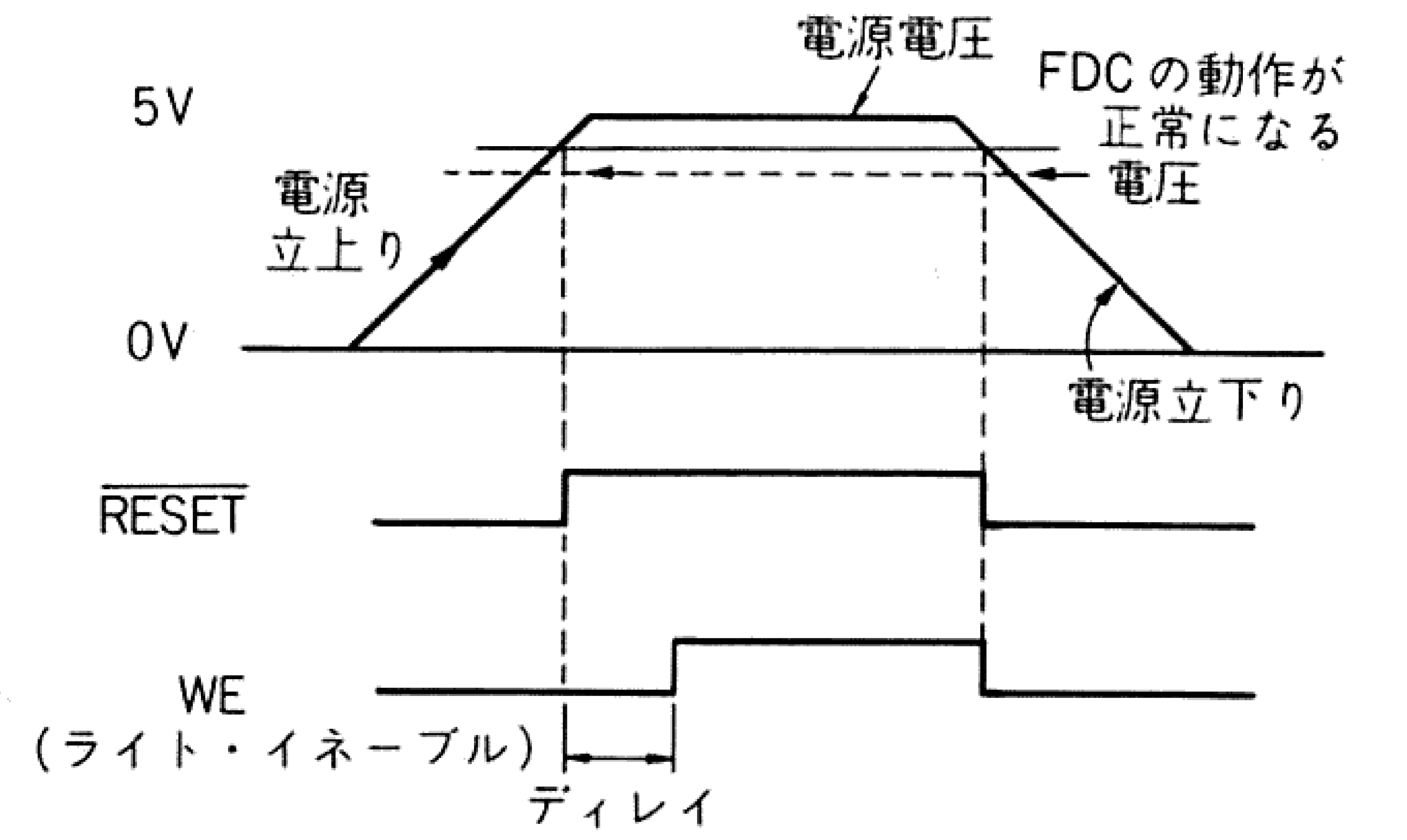
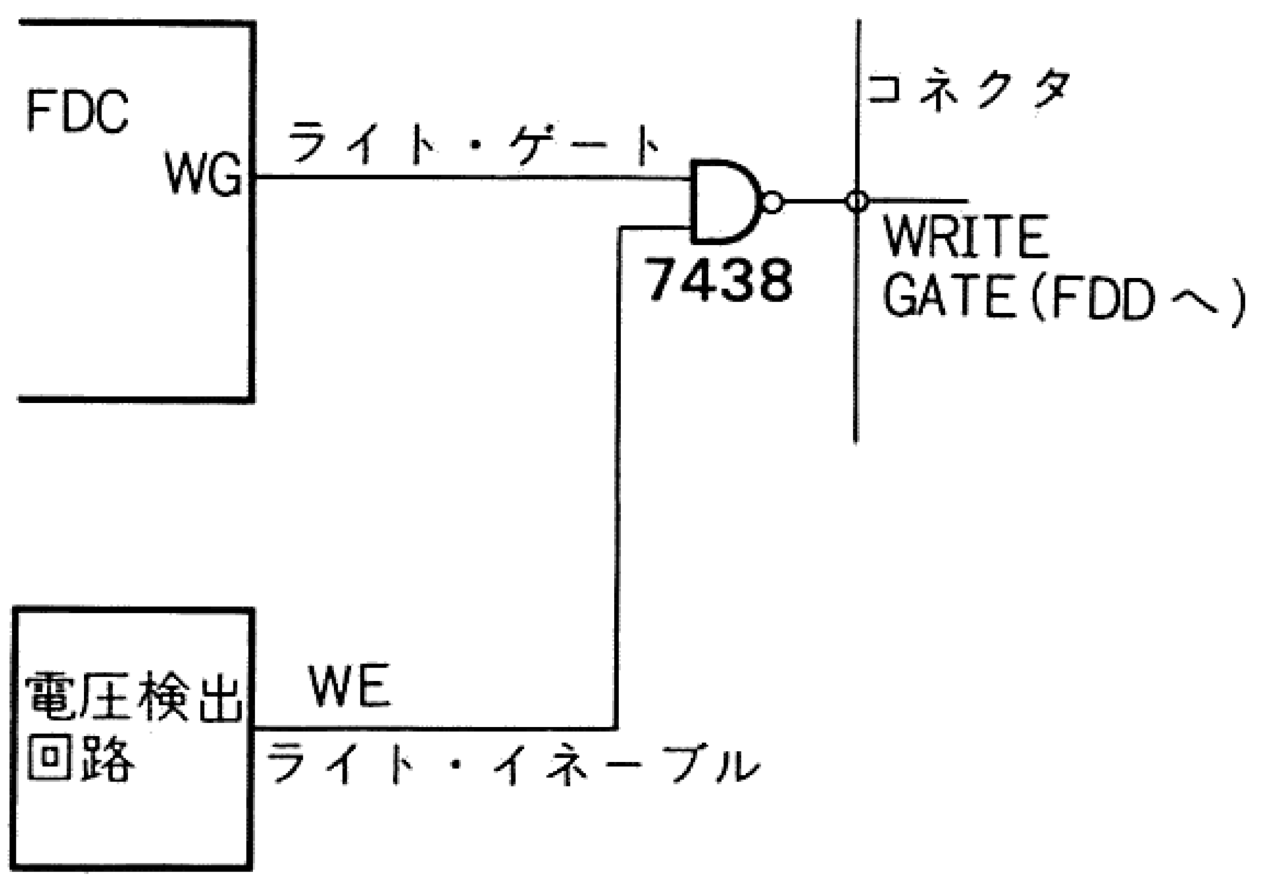


図 10.6　ライト・ゲート回路



が，残念ながら現状のものはそうなってないものもある．

このためFDDとこれらのコントローラ部のIC類の電源を同時にONすると，FDDにディスクが入っている場合はデータを破壊する可能性がでてくる．電源OFFのときはディスクを外すなり，ドアを開けるなりして行えばよいが，ONのときは，FDDの状態をCPUがすぐチェックし，ディスクの有無でシステム・プログラムのスタート・アップを切り替えたりするため，ディスクを外しておくわけにはいかない．もちろんディスクなしで電源をONし，その後，ディスクをセットし，リセットまたはIPLを行えば問題はなくなる．

これらの問題解決法としては，FDCおよびライト・ゲート信号回路にFDDが内蔵しているのと同じような保護回路をもつことが一番確実である．

図 10.5 はこのときのタイム・チャートを示したもので，電源ON時はFDCが正常動作をする電圧より少し高い電圧からディレイをかけてライト・イネーブル信号を作る．OFF時は先ほどの電圧以下になったとき即ライト・イネーブル信号をOFFする．このライト・イネーブル信号はFDDに接続されるインターフェース・ドライバのゲート回路に直接接続する(**図 10.6** 参照)．7438 の内部回路は**図 10.7** のようになっており，一方の入力端子がOFFすると出力は必ずOFFとなり，FDCの誤動作をストップする．もちろん，ライト・イネーブルのディレイ時間内でFDCは正常動作になってもらわないとこまる．電圧検出回路の一例を**図 10.8** に示す．

停電などによるAC電源OFF時の対策も必要となる．セクタ書込み中に電源がOFFすれば，当然そのセクタのデータは破壊し正常に読み出せなくなってしまう．このような停電時の対策としてはAC OFFからDC電源電圧が低下するまでの遅れ時間を利用して対策することができる．このときのタイム・チャートを**図 10.9** に示す．

図 10.7　7438 の内部回路

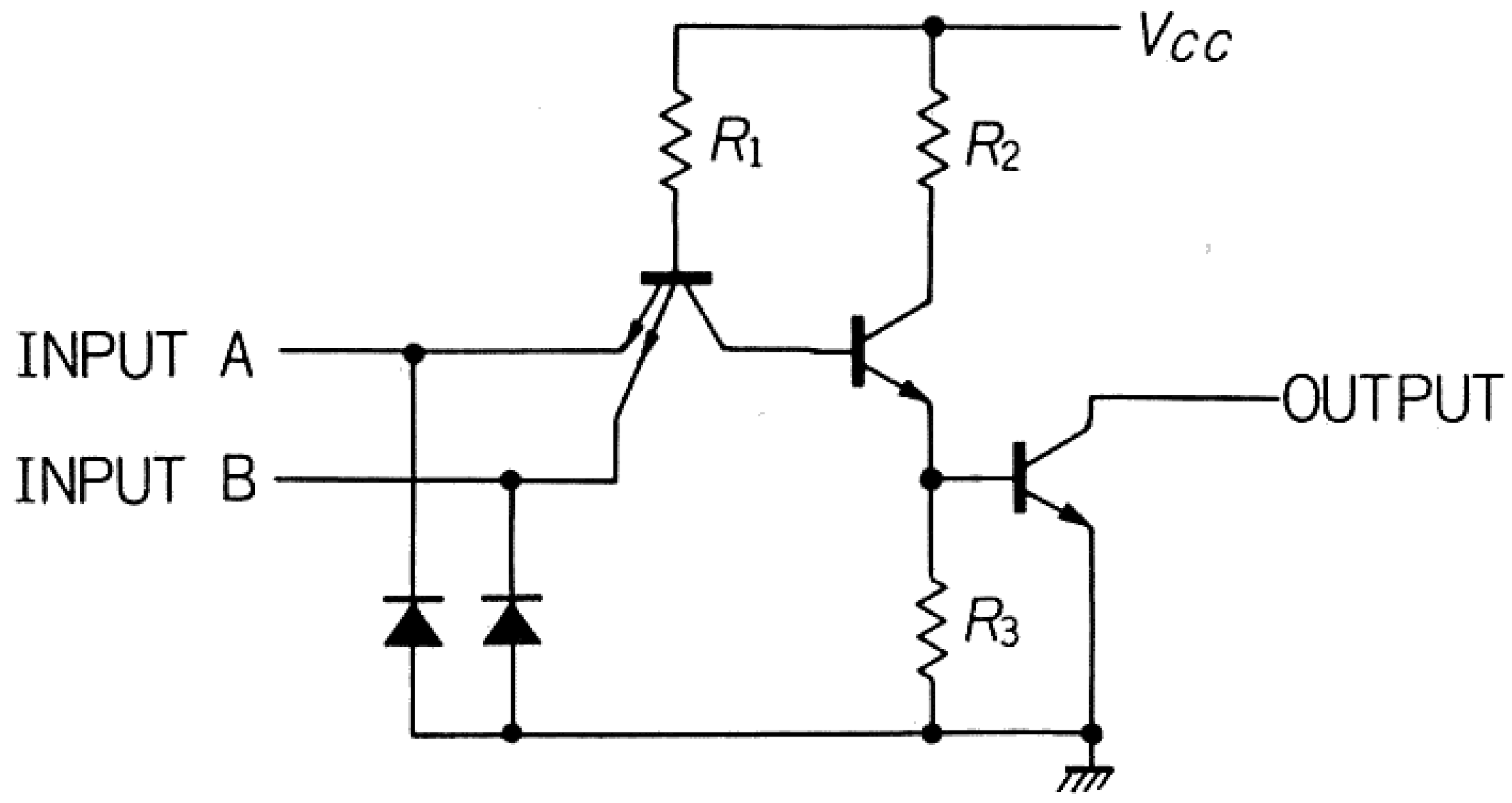


図 10.8　電圧検出回路例

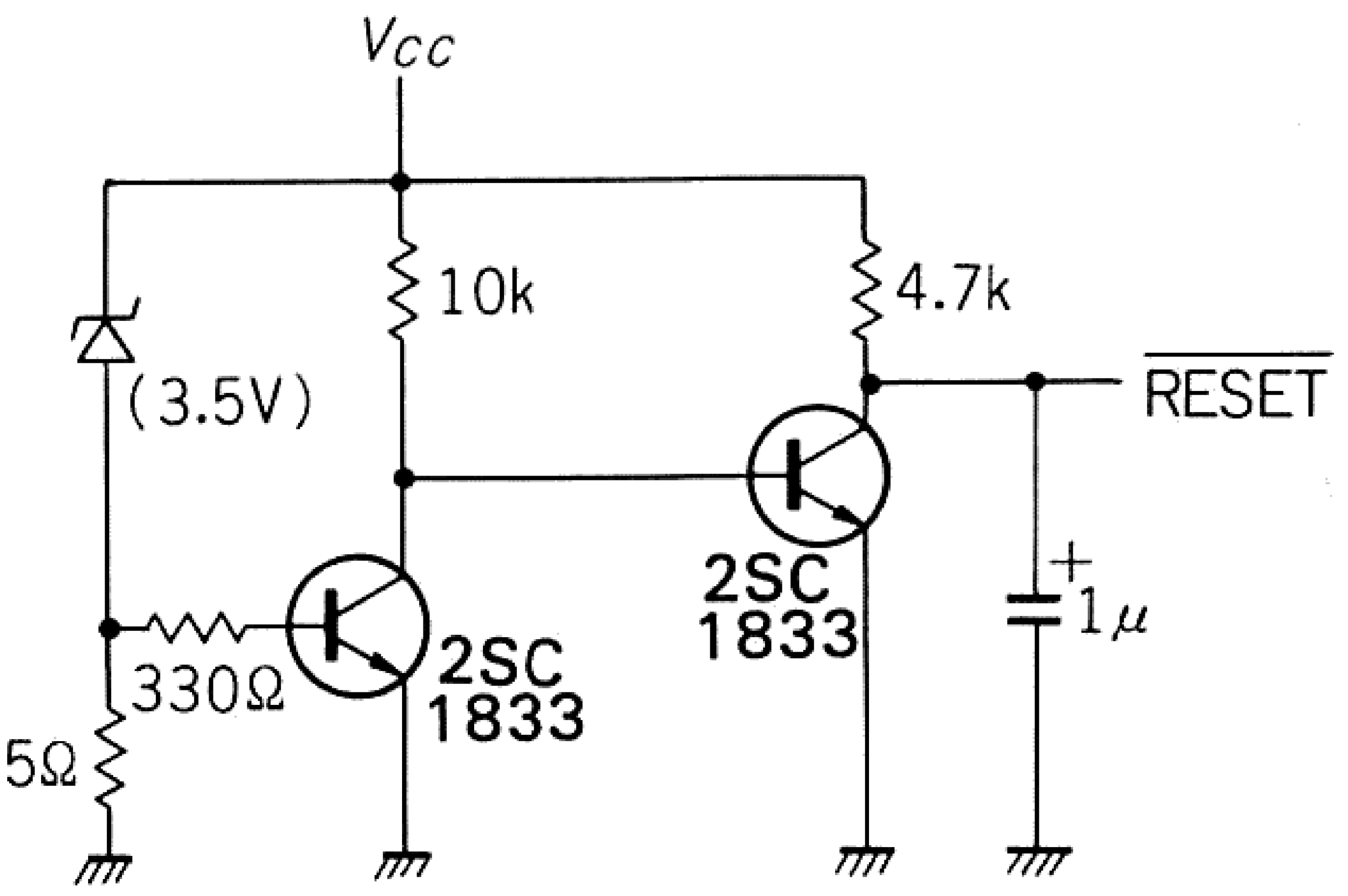
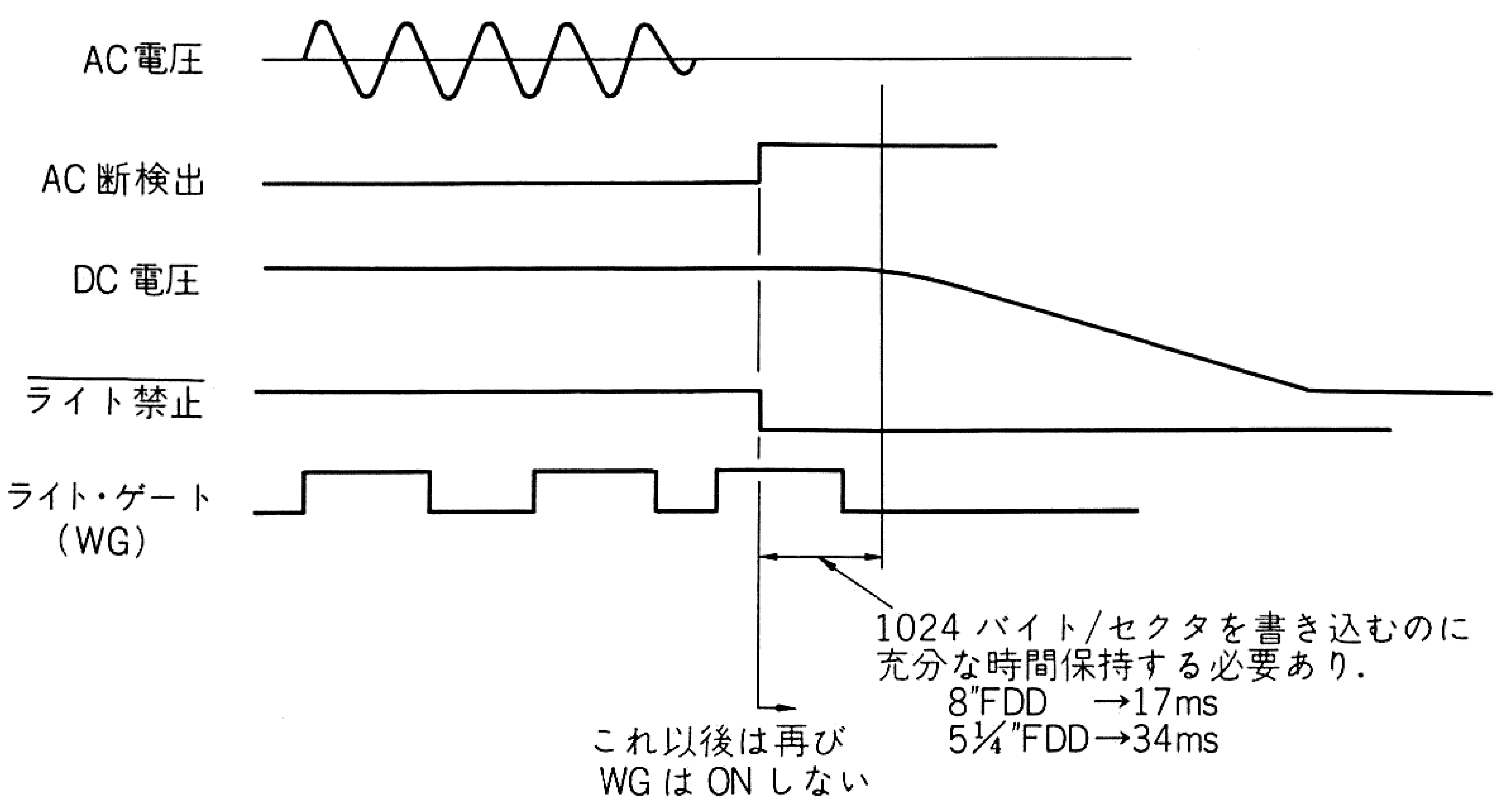


図 10.9　停電時のデータ保護



AC電源から直接作ったAC断信号をホストCPUが受け取ると，現在書込み中のセクタは書き続け，1回ライト・ゲートがOFFしたら，その後，ふたたびONにしない処理を行う．

10.6　信号のエッジ使用について

FDDから出力される信号のうち，Index，Read Dataはパルス信号であり，有効なのはその前縁である．このため，ホスト・システム側でこれらの信号を使用するときはラッチ方式でデータを取り込む必要がある．これらの信号のパルス幅はかなりラフに設計されているため，VFO回路などでパルス幅が必要なときはホスト・システム側でパルスを作り直す必要がある．

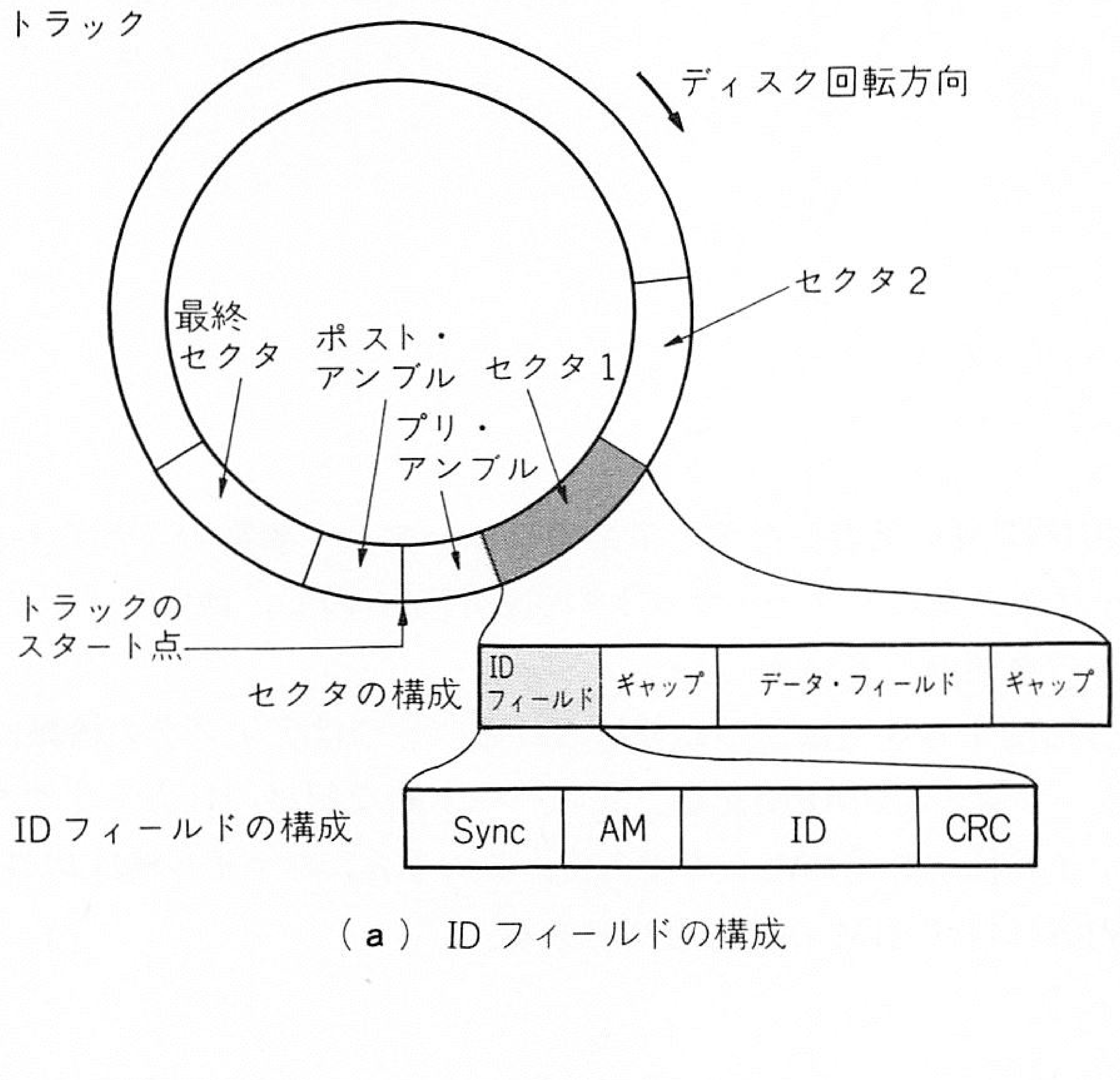
〈付録〉

フロッピ・ディスク基礎用語集

ア 行

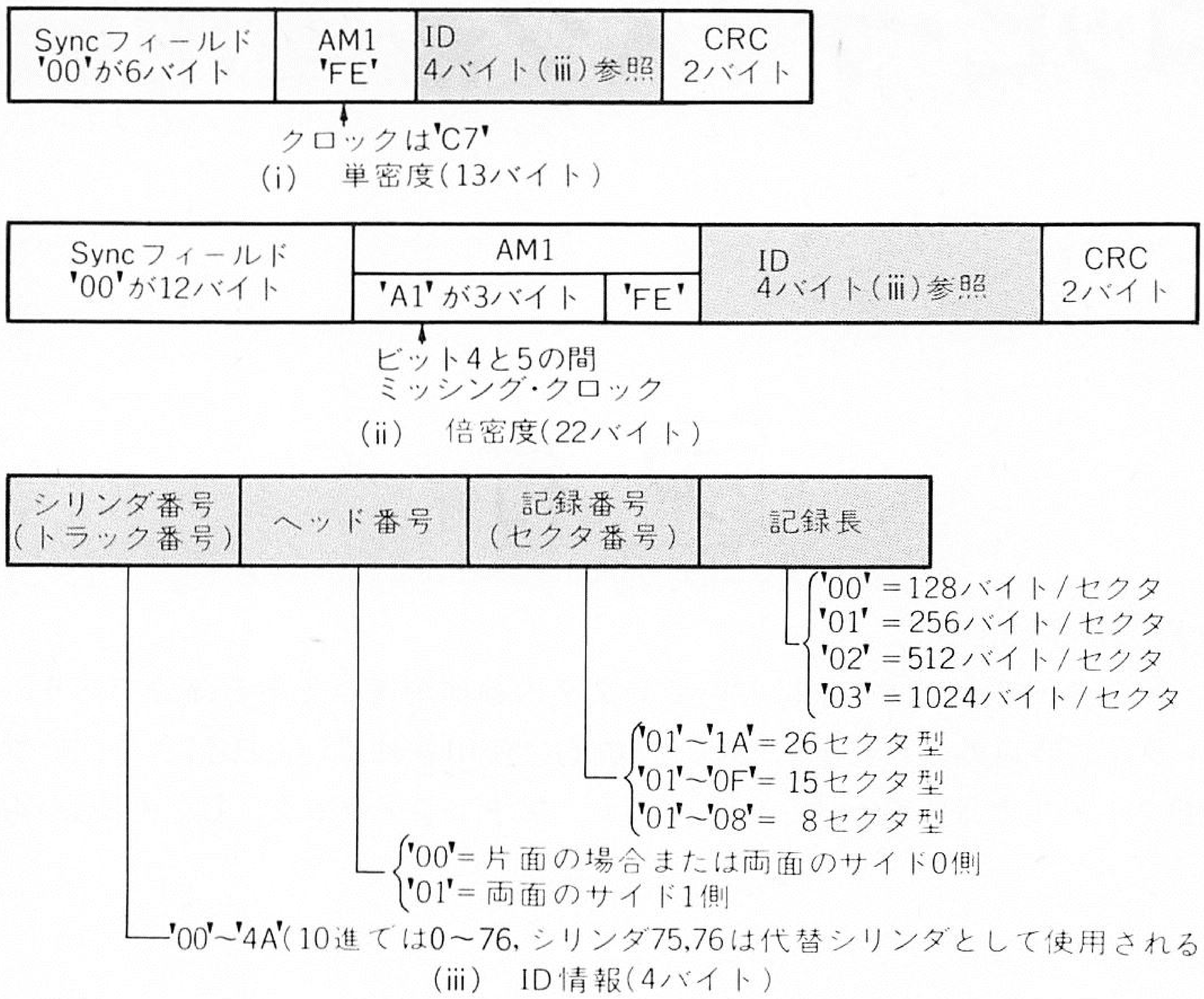
IDフィールド　ID Field

ソフト・セクタ・フォーマットにおいてセクタの番地が書いてある部分であり，リード専用でイニシャライズ時以外はライトしない．一般的に使用されているIBMタイプのフォーマットではこのIDフィールドは，シンク・フィールド，アドレク・マーク，ID，CRCから構成されている．



（a） IDフィールドの構成

IDの中にシリンダ番号，サイド番号，セクタ番号およびデータ・フィールドの長さを示す数が各1バイトずつ，16進表示で書かれている．



(b) 8インチ・フォーマットにおけるIDフィールドの例[1)]

IBMフォーマット

8インチFDD用にIBMが発表したディスクのフォーマット規格のことである．FDDに使用されているソフト・セクタ方式のフォーマットの代表的なもので，他のサイズのFDDでも基本的にはこれと同じものを使用している．

IBMのディスクに関する規格は三つに分けられる．一つはディスクの機械的，磁気的特性を定めたもの，もう一つはFMやMFM記録方式のハード的な記録の仕方を定めたもの，最後はソフト的な管理ファイル構成を定めたものである．このうち，ファイル構成以外はISO化，JIS化が進んでいる．内容はほぼIBMの規格通りである．

アクセス時間 Access Time

FDDのアクセス時間は，①ヘッドのトラック間移動時間，②ヘッド移動後の安定時間，③ディスクの回転待ち時間，④ヘッドがディスク面に完全に接触するまでのヘッド・ロード時間の四つによって決まる．

①および②はシーク時間のことであり，すべてのトラックからすべてのトラックへシークするときのシーク時間とヘッド安定時間の合計をシーク回数で割ったものが平均値となる．通常，次式が用いられる．

$$Ts = \frac{Tr_{max} \times t}{3} + t_s$$

ただし，

Ts：平均アクセス・タイム

Tr_{max}：最大トラック番号

t：トラック間アクセス時間

t_s：セトリング・タイム

$t = 3$ msのとき

平均アクセス・タイムは8インチFDDで91 ms，5 ¼インチ倍トラックFDD(80シリンダ・タイプ)で95 msである．

③はディスク1回転に必要な時間の半分であり，8インチFDDで83 ms，5 ¼インチFDDで100 msとなる．

④のヘッド・ロード時間は50 ms程度必要である．シーク・スタート時にヘッド・ロードさせることで，この時間を平均値として短くすることができる．

アシンメトリ Asymmetry

データ・パルスが等間隔な'00'または'FF'を書き込んだデータを読み出したとき，再生波形が上下非対称になり，リード・データ・パルス間隔が隣同士等しくなくなる現象のこと．普通，アシンメトリ不良，アシンメトリが悪い，という．

書込み時，読出し時ともに原因があるが，主なものはR/Wヘッドの二つの巻線のインダクタンス，コアなどのアンバランス，書込み電流のアンバランス，FDD内部のモータや外部の電源トランス，モータなどのもれ磁束，ヘッド切替えダイオードのアンバランス，プリアンプ，フィルタ，コンパレータのオフセット，波形ひずみなどがある．書込み時の補正は書込み電流の調整で，読出し時の補正はコンパレータのバランス調整で，ある程度補正できる．

アシンメトリ不良のFDDは見かけ上のピーク・シフトが増加するためタイム・マージンが低くなる．

イニシャライズ Initialize

ソフト・セクタ方式のディスクにおいて，データの書込み/読出しは，目的のトラックの上

で，IDフィールドを読み出し，IDフィールド内の情報が，目標アドレスと一致したとき，その直後のデータ・フィールドに対して行われる．このため，ディスクにはあらかじめIDフィールド情報，その他の情報を記録しておく必要がある．この書込みをイニシャライズまたはフォーマッティングとよぶ．

通常，イニシャライズはディスク・メーカで，管理された環境，管理されたFDDで行われており，信頼性上からはフィールドでは行わないほうがよい．

インデクス位置精度

通常，フロッピ・ディスクには，インデクス・ホールが1周に1ヵ所あけられている．この穴を発光ダイオードとフォト・トランジスタで光学的に検出する．インデクス・パルスはフロッピ・ディスク1回転に1パルスを発生し，これがトラックの開始と終了を示す．

FDDの互換性をたもつため，フロッピ・ディスクのトラックの開始から正しくリード/ライト・ヘッドが読み書きができるように，インデクス・パルスの立上りの位置は調整されている．

この位置誤差のことをインデクス位置精度といい，時間換算で示される．この精度の測定にもポジショニング精度と同様にCEディスクが使用される．

3.5インチ・ディスクにはインデクス・ホールがない．そのかわりに，ディスクとモータが定まった角度でチャッキングされるため，モータ内部に光学的または磁気的なインデクス・パルス発生機構をもっている．

ウインチェスタ・ディスク

ハード・ディスク・ドライブの構造の名前．ディスク部全体およびヘッド・アクセス機構部が密封されたケースに入っており，空気はフィルタを通して中に入る構造になっているため，微細なほこりなどが中に入る心配がない．ディスクの回転が停止したときはヘッドとディスクはコンタクトしている．ディスクが回転するとディスク表面の空気流でヘッドは0.5μmほど浮上し，書込み/読出しを行う．構造が簡単で高い信頼性が得られ，かつコスト・ダウンが可能なため，最近のハード・ディスクはほとんどがこのタイプになった．

当初の14インチ(IBM 3340)からだんだん小型化され，最近は5¼インチ，3.9インチ，3.5インチと小型化され，FDDと外型的には置替えできるようになっている．

FDC　Floppy Disk Controller

FDDのインターフェースは，CPUからのバス構造とはちがい，接続しにくくなっている．またFDDのコントロールも，高速パルス信号，レベル信号などがあり，コントロールしにくくなっている．このために開発されたのがFDCチップである．ほとんどのFDCが，レジスタに必要なデータを書き込み，コマンドを出せば，シーク，リード，ライト，イニシャライズなどを自

動的にやってくれる．

MFM記録用としては，富士通のMB887X，ウェスタン・ディジタルのFD179X，NECのμPD765Aなどが一般的である．

FM記録方式

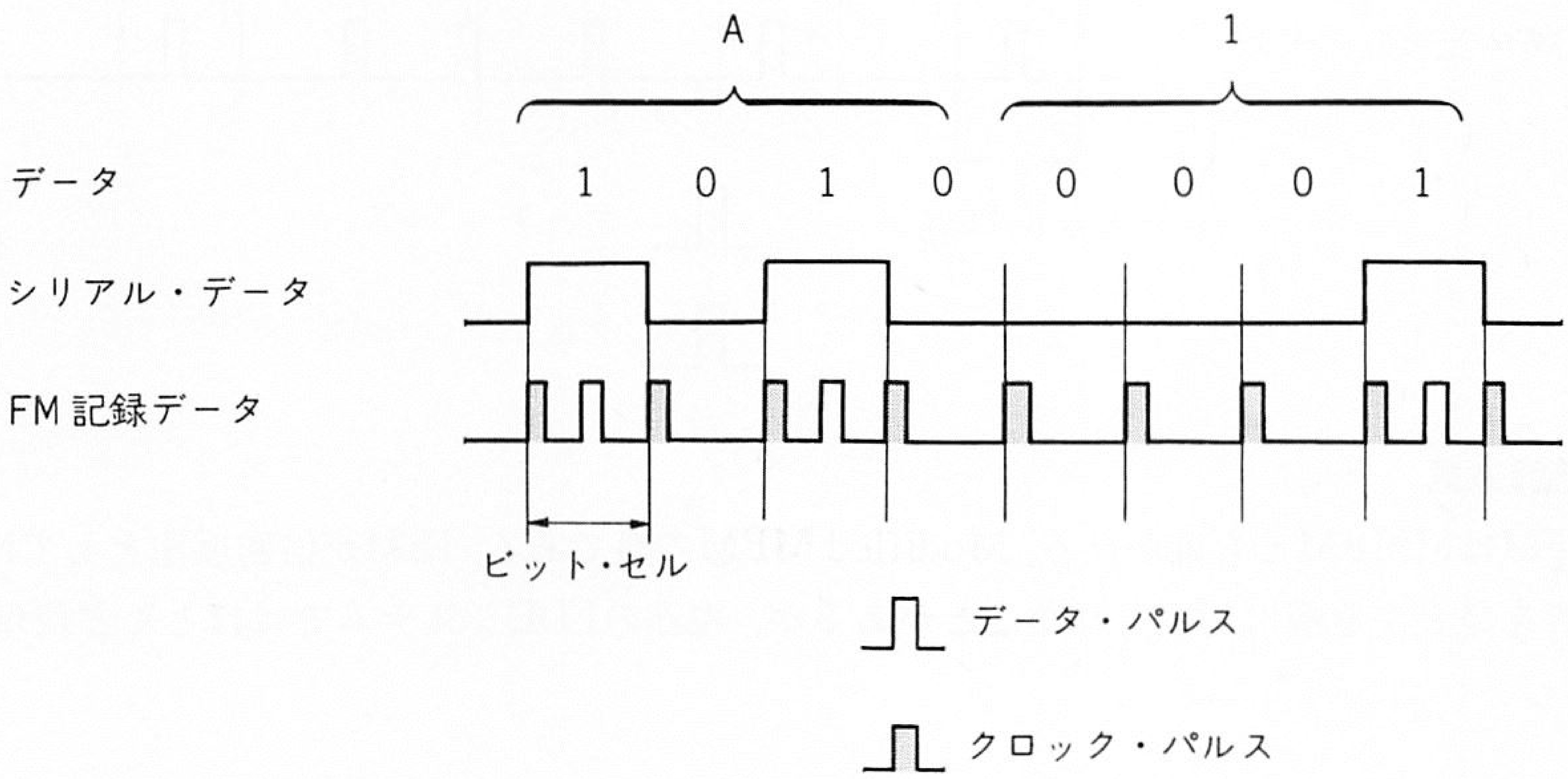
FMとはFrequency Modulationの略で，単密度記録方式ともよばれる．FM記録方式はつぎの規則にしたがって変調される．

(1) ビット・セルの中央にデータを書く．

(2) ビット・セルの先頭にクロック・ビットを書く．

以上から，8インチFDDでは，データがあるとき2μsのパルス間隔に，データがないとき4μsのパルス間隔になる．

データ読出し時，必ずあるクロック・ビットをたよりにデータをセパレートすることができるため，セパレート回路が簡単になる．



MIC　Microfloppy Industry Committee

米国における3.5インチ型マイクロFDD規格化のための企業集団のこと．MICはもともとソニーと異なる仕様の3.5インチFDDを提案していたが，現在では調整され，同一の規格となり，ANSIへ提案されている．

MICのおもなメンバとしてはシュガート，タンドン，アップル，アタリ，BASFなどがある．

MFM記録方式

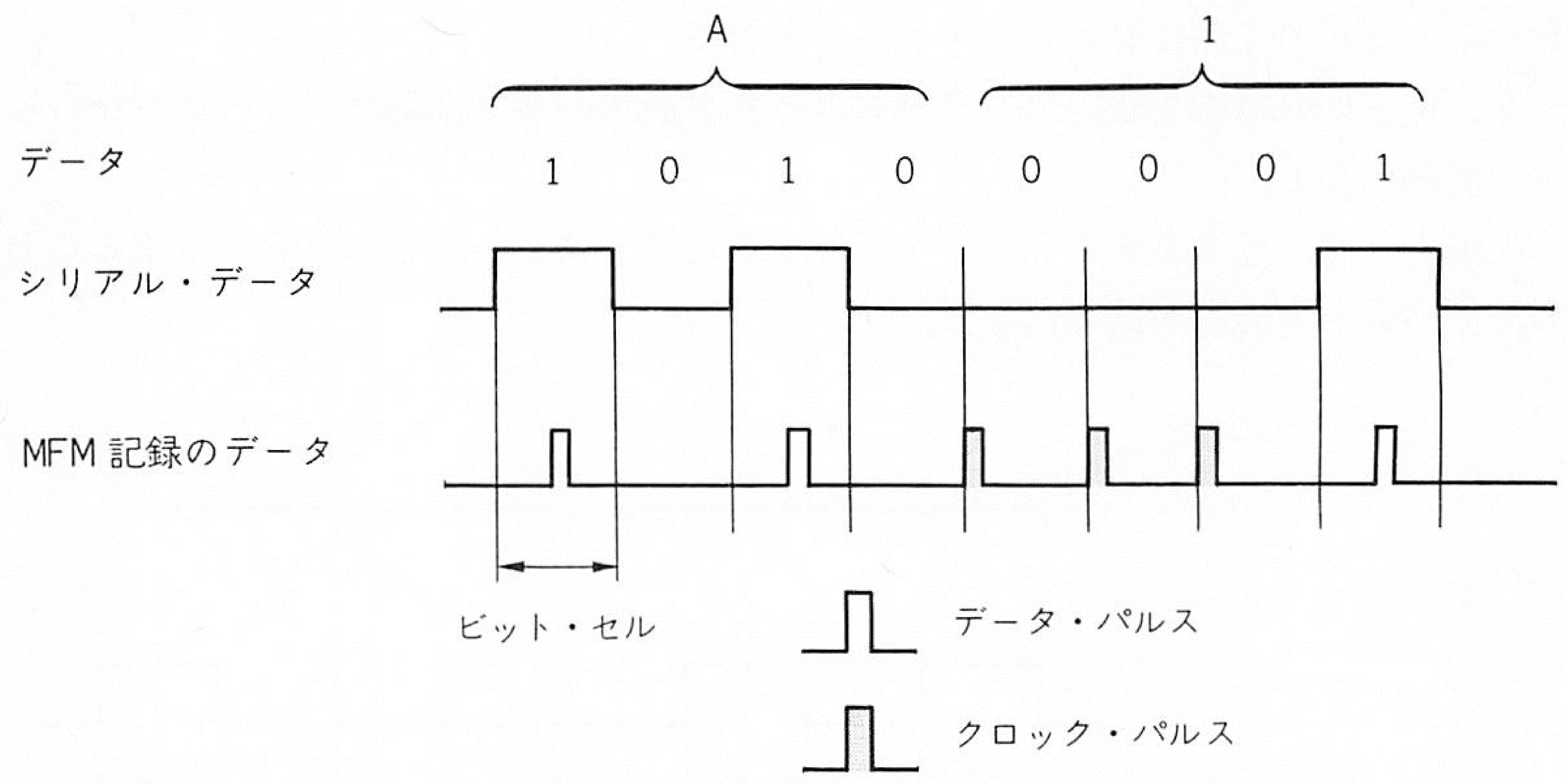
MFMとはModified Frequency Modulationの略で倍密度記録方式によく使用されている．IBMフォーマットもこの変調方式を採用しているため，ほとんどの倍密度用FDCがこの変調方式を用いている．

MFM記録方式は，つぎの規則にしたがって変調される.

(1) ビット・セルの中央にデータ・ビットを書く.

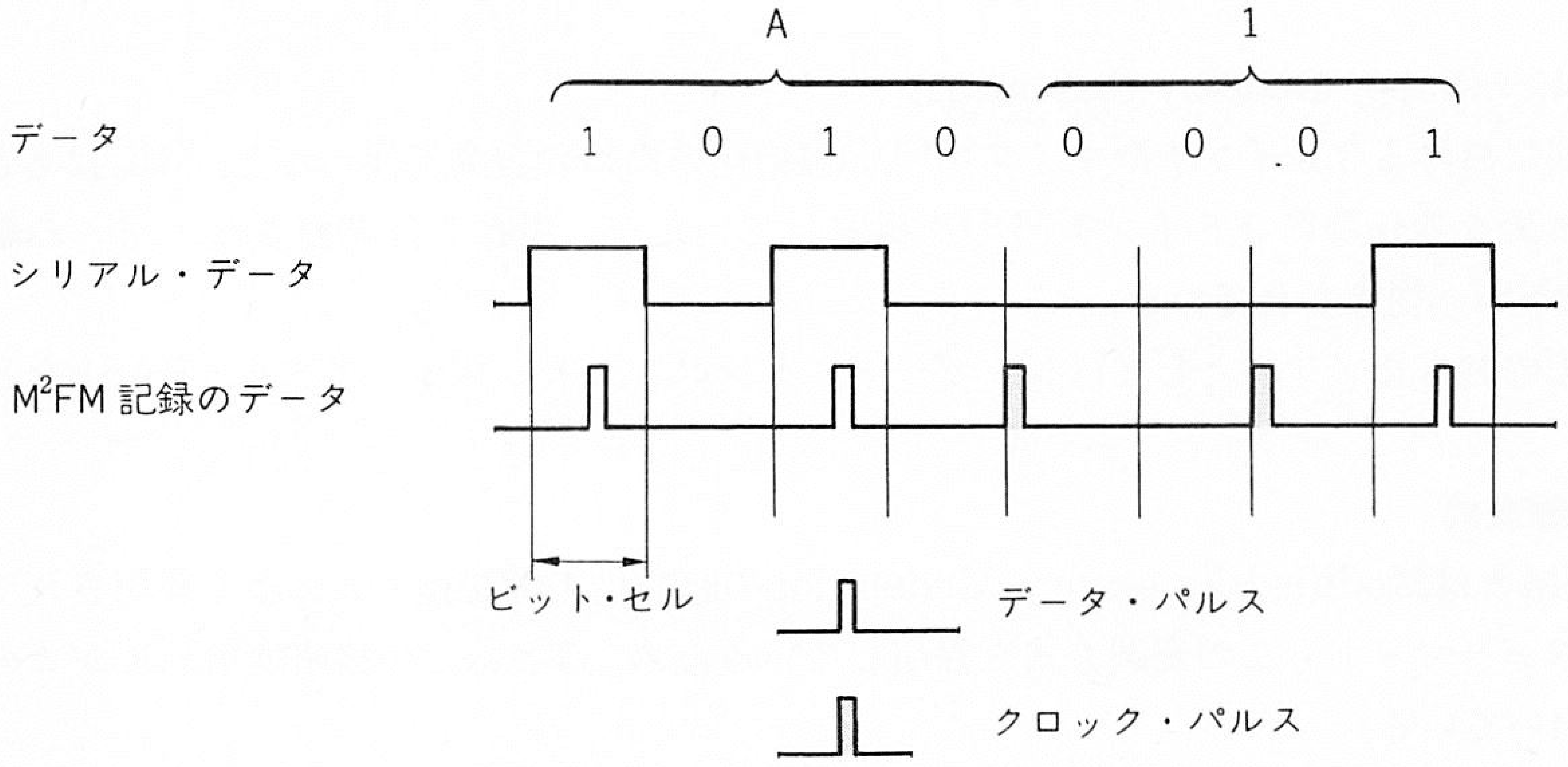
(2) 現在のビット・セルにも，直前のビット・セルにもデータがないとき現在のビット・セルの先頭にクロック・ビットを書く.

FMに比べ，ビット・セル長が半分の時間になるため記録容量が倍となるが，パルス間隔は8インチFDDで，2，3，4μsとなり，FM記録方式と同じ周波数範囲となる．データ・ウィンドウ幅も半分になる．データ・セパレート回路にはVFO回路が必要である.



M²FM記録方式

M²FMはMMFMとも書かれる．Modified MFMの略である．IBMが倍密度用としてMFM記録方式を発表する前に使用されたことがあるが，現在のFDDシステムではほとんど使用されていない.



変調の規則はMFM記録方式に,「クロック・ビットが連続する場合,前の方を残して偶数個目をはぶく」を追加したものである.つまり,データがないときMFMでは2μsのパルス間隔となるがM^2FMでは4μsとなる.またパターンによっては5μsのパルス間隔が発生するため,FDDの再生周波数帯域を,すこし広げる必要がでてくる.

MFM記録方式に比べピーク・シフトがやや減る.

オフ・トラック Off Track

ヘッドとトラックの位置がずれることをオフ・トラックという.

FDDのヘッド位置決め機構には通常,ステッピング・モータによるオープン・ループ方式が採用されているため,ディスクの伸び縮み,位置決め機構の誤差,クランプ機構およびディスク・クランプに関する偏心などでヘッド中心とトラックの中心位置が多少なりともずれている.

通常,書込みヘッドに対し読出しヘッドの位置がイレーズ・ヘッドの幅程度ずれても正常に読出しができる.たとえば,48 TPI・FDDではトラック幅約330μmに対し150μm程度,96 TPI・FDDではトラック幅165μmに対し100μm程度のオフ・トラックが発生しても正常にリード/ライトできるよう設計されている.

カ 行

書込み補償 Write Precompensation

ディスクからデータを読み取るとき,データ・パルスには前後のビットからの影響でピーク・シフトが発生し,データ(クロック)・ウィンドウに対する時間余裕(タイム・マージン)が低下する.このマージンが下がりすぎると,エラー・レートを下げることになる.ピーク・シフトの発生はデータ書込み時,そのデータ・パルスの並び方から予想することができる.このことから,前もって読出し時のシフト方向と逆方向へデータ・ビットをずらし,読出し時のピーク・シフトを小さくすることができる.これを書込み補償という.8インチではIBMが行っていないため互換性上あまり使用されていない.5¼インチでも海外のユーザが一部行っている程度である.倍密度記録時のみ使用する.

ピーク・シフト	データ	備　　考
遅　れ(L)	0001	クロック・パルスが遅れる
	110	データ・パルスが遅れる
進　み(E)	011	データ・パルスが進む
	1000	クロック・パルスが進む

ギャップ Gap

ディスクの回転変動，FDD間のインデクス・ポジションずれ，トンネル・イレーズ時の内周，外周におけるイレーズ・オン/オフ・ポイントずれ，などの保護のためトラック上に設けられたバッファ・エリアである．データは記録できない．1トラックにギャップ0～4まで5種類ある．

ギャップ0はFDD間のインデクス・ポジションずれを保護し，ギャップ4はイニシャライズ時の回転変動および，各FDD間のインデクス・ポジションずれを保護する．ギャップ2とギャップ3はディスク内，外周におけるトンネル・イレーズ・ヘッドのオン/オフ点のずれを回転変動を含め保護している．

クリーニング・ディスク Cleaning Disk

従来，両面FDDのヘッド清掃は不要といわれていたが，フィールドにて種々のディスケットが使用されるにしたがい，ディスクの磁性粉などがヘッド表面に付着し，リード/ライト・エラーを発生させることが一部にみられるようになった．両面FDDのヘッドは構造上直接清掃することが難しいため，クリーニング・ディスクを使用し，清掃する必要がある．

クリーニング・ディスクには細かいサンド・ペーパを円板にしたドライ・タイプと，和紙のようなシートを円板にし，使用時にアルコールなどをふくませて使用するウェット・タイプの2種類がある．ドライ・タイプは問題ないが，ウェット・タイプはヘッド破損の恐れがあるためすすめられない．また片面FDDにはパッド側が保護された片面用を使用する．

サ 行

サイド Side

ディスクの表裏を意味する．片面ディスクで使用していた面がサイド0で，通常反ラベル側になる．両面ディスクで追加された面がサイド1でラベルのある側となる．両面ディスクのサイド0のトラック位置は片面ディスクのトラックと同一位置となっているため，片面にかぎれば互換性がある．

通常，サイド1のトラックはサイド0より4または8トラック内周に配置されている．

CRC Cyclic Redundancy Check

CRCは，フロッピ・ディスクから読み出されたデータにエラーが含まれていないかどうかをチェックする2バイトの情報である．

IDフィールド，データ・フィールドの最後尾に2バイトのCRCデータ・バイトをおく．アドレス・マークの先頭ビットからIDまたはデータの最後のビットまでのビット列を2進数の多項式として，これを

$$P(X)=X^{16}+X^{12}+X^{5}+1$$

で割算する．その剰余をCRCバイトとしてデータの後へ連続して2バイト書き込んでおく．

つぎに読出し時に，読出しデータを書込み時と同じ割算をし，その剰余と読み出したCRCバイトを比較し一致していればエラーなしということを判定する．データ・フィールドもIDフィールドと同様に行われる．

$P(X)=X^{16}+X^{12}+X^{5}+1$

は$X=2$で，

$P(2)=2^{16}+2^{12}+2^{5}+1$

$=B$ "10001000000100001" ……………………………………（2進）

$=X$'11021'……………………………………………………（16進）

$=69665$ …………………………………………………………（10進）

FM記録方式におけるCRC演算例を図(a)，図(b)に示す．図(a)はトラック0，サイド0，セクタ26のIDフィールドの書込み時の計算であり，書き込まれるデータは FE00001A000D4A となる．図(b)は同じセクタを読み出したときの計算であり，書込み時と同じ計算を行うと結果が0になり，正しいことがわかる．

演算は，まず初めにチェックすべきデータ，この場合アドレス・マーク'FE00'が初期値'FFFF'とエクスクルーシブOR(排他的OR)を取り，その結果をベースとして，それ以後は'11021'の倍数とエクスクルーシブORを取る．最後の2バイトをCRCとする．

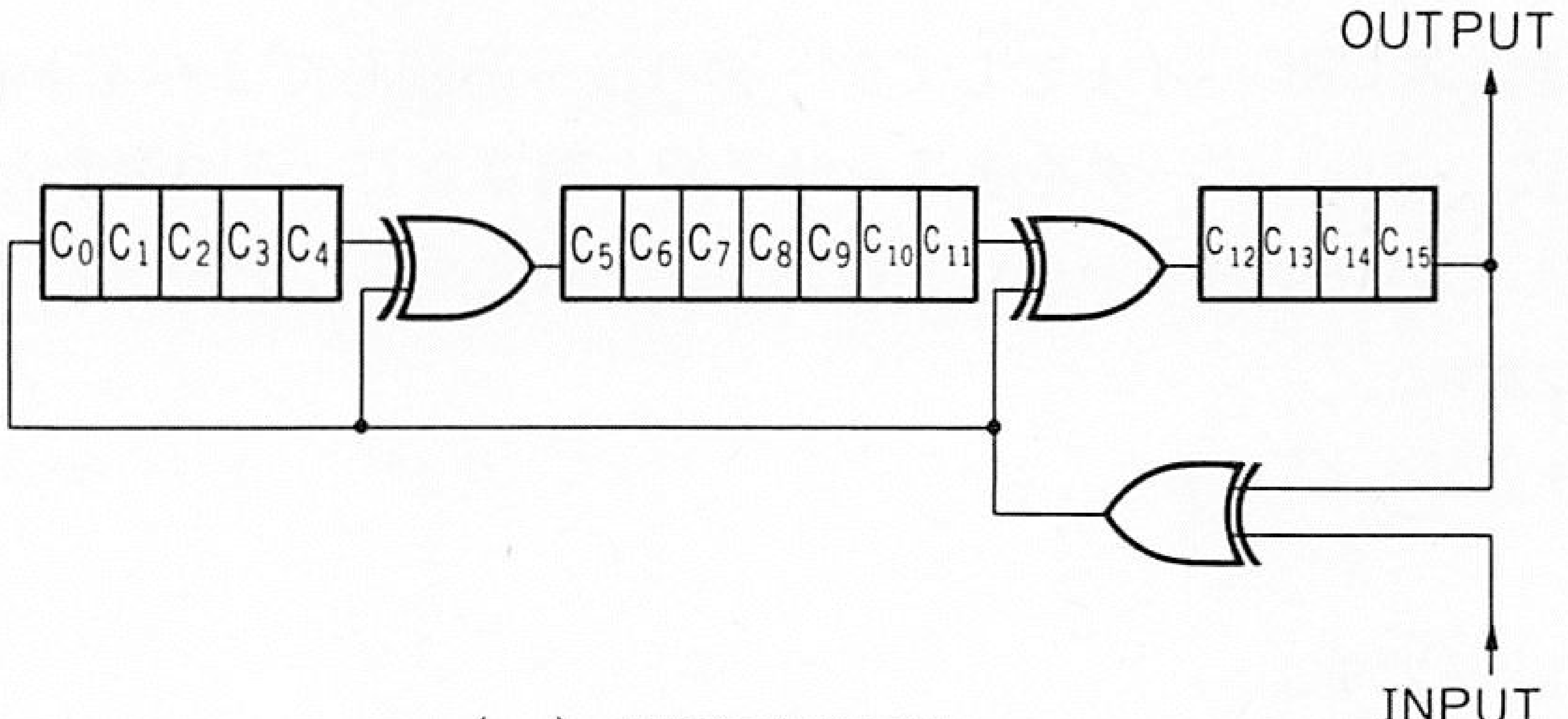
図(c)がこれを実現するための回路構成である．

```
FE00001A000000
FFFF
----
 1FF00
 11021
 -----
  EF211
  EE1CE
  -----
   13DFA
   11021
   -----
    2DDB0
    22042
    -----
     FDF20
     FF1EF
     -----
      2ECF0
      22042
      -----
       CCB20
       CC18C
       -----
         AAC00
         AA14A
         -----
          0D4A
```

（a）書込み時の CRC 算出例

```
FE00001A000D4A
FFFF
----
 1FF00
 11021
 -----
  EF211
  EE1CE
  -----
   13DFA
   11021
   -----
    2DDB0
    22042
    -----
     FDF20
     FF1EF
     -----
      2ECF0
      22042
      -----
       CCB2D
       CC18C
       -----
         AA14A
         AA14A
         -----
             0
```

（b）読出し時の CRC 計算例

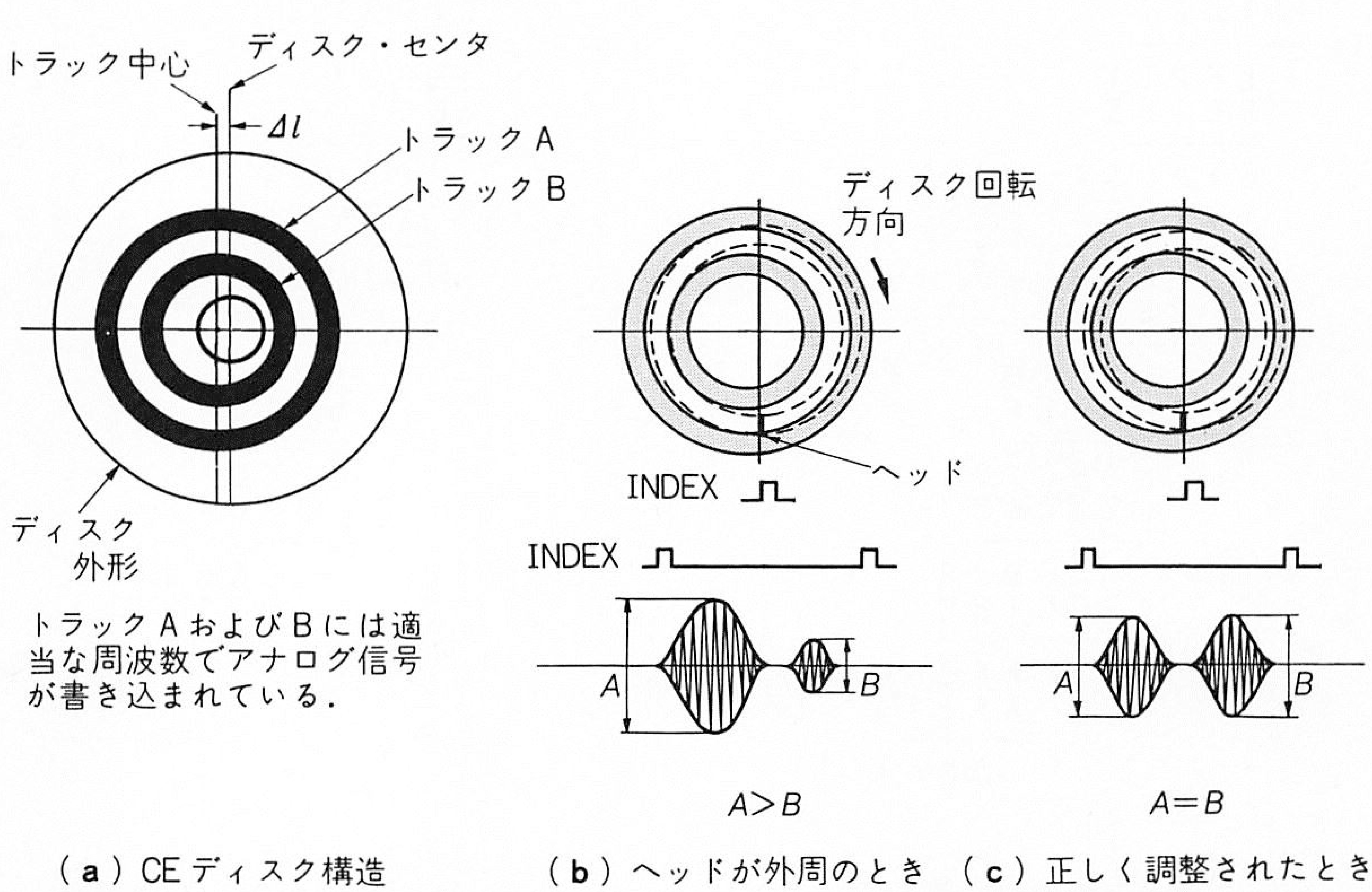


（c） CRC論理回路

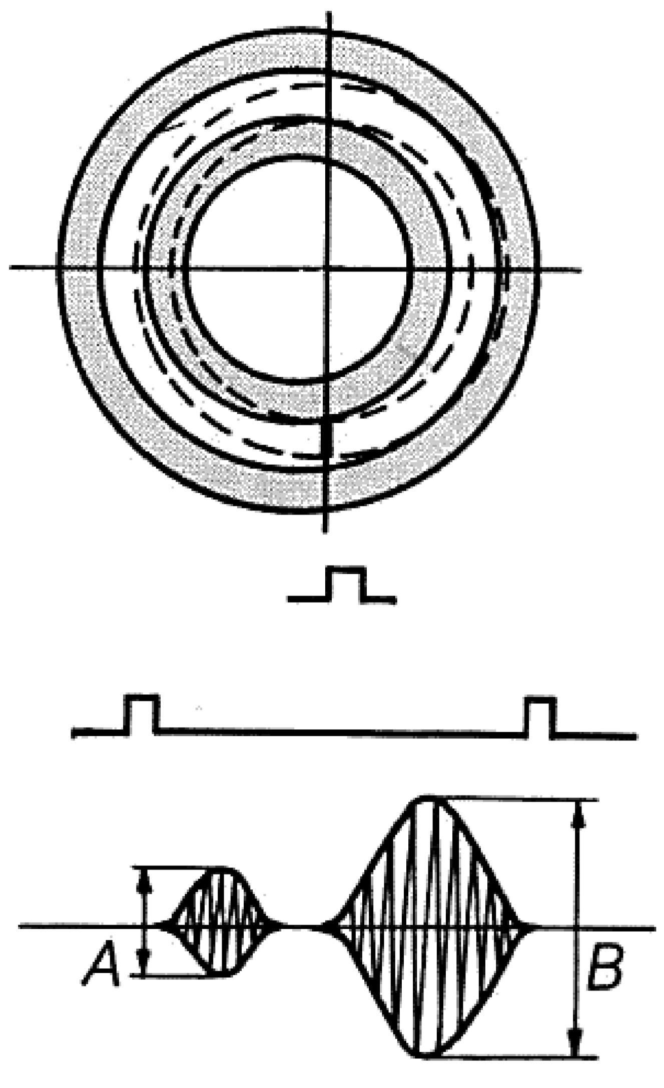
CEディスク　Customer Engineer Disk

CEディスクとは，FDDのヘッド位置，インデクス位置などの調整，測定に使用される．

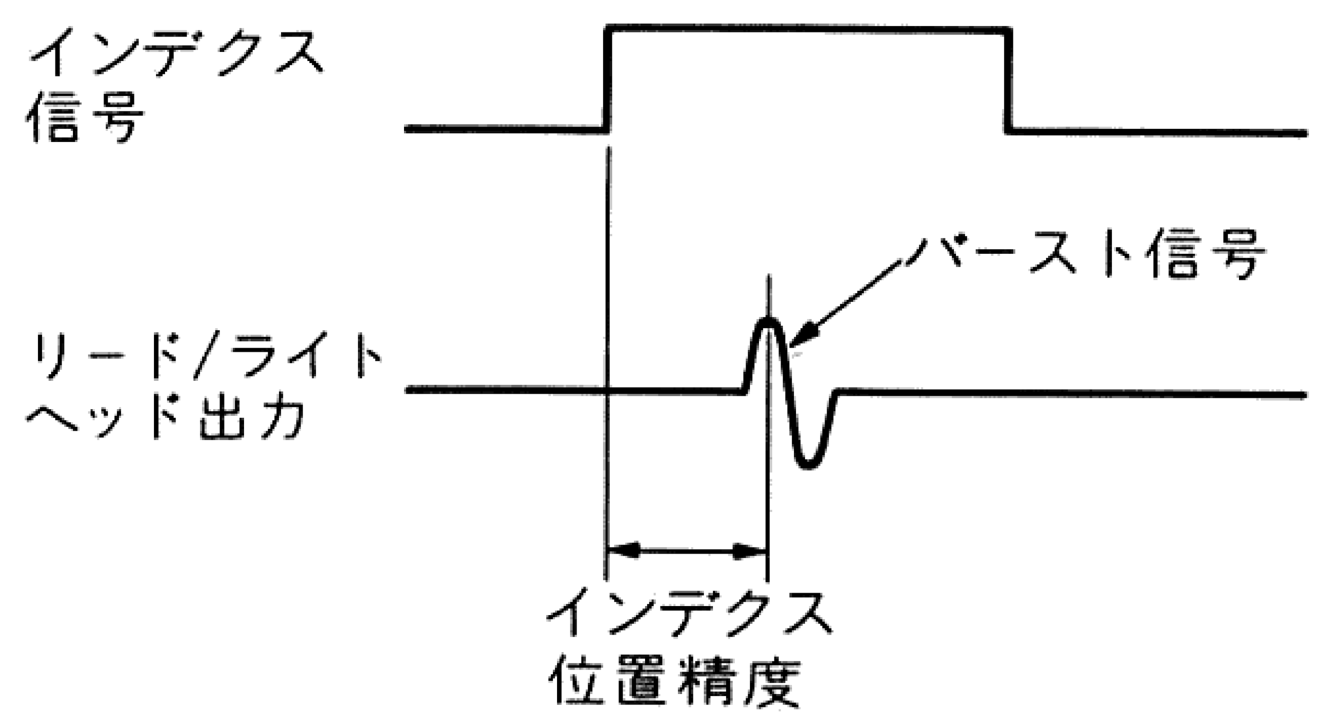
ポジショニング精度は図(a)で示すように中心からΔlだけ偏心したドライブで書き込んだデータを読み取ったときのアナログ出力レベルで測定する．つまり基準位置よりヘッドが外周にあると，出力は図(b)に示すように外側のトラックの出力Aが大きくなり，内側のトラックの出力Bは小さくなる．逆にヘッドが基準位置より内周にいるときは出力Aより出力Bのほうが大きくなる．正しい位置にヘッドがあるときは出力A＝出力Bとなる．正確に測定する場合は，温度，湿度の補正および較正カーブによる較正が必要となる．ポジショニング信号はCEディスクの上に8インチの場合はトラック38かトラック40に書き込まれている．5¼インチおよびマイクロFDDでは，40シリンダのとき16または20トラックで，80シリンダのとき32または40トラックで測定することが多い．



（a）CEディスク構造　（b）ヘッドが外周のとき　（c）正しく調整されたとき



A<B
（d）ヘッドが内周のとき



（e） CEディスクのバースト信号

インデクス位置精度は，図(e)に示すようにインデクス・パルスの立上りから，バースト信号までの時間で測定することができる．

このインデクス位置精度の基準値などは，各CEディスクの仕様書に定められている．そのほかに，CEディスクにはトラックに対するヘッドの角度(アジマス)を調整，測定する信号などが書き込まれている場合もある．ポジショニング信号が猫の目のように見えるところからキャッツ・アイ・ディスク(これを略してCEディスク)とも呼ばれる．また，アライメント・ディスクと呼ぶこともある．

シーク　Seek

ヘッドを目的のシリンダへ送るモードのことで，現在ヘッドのいるシリンダ番号と目的のシリンダ番号とを比較し，その大小で方向を決め，必要数だけ別に定められたステップ・レートでパルスを出し，ヘッドを送る．ヘッドが目的のシリンダに達したら，安定して読出し/書込みができるようになるまでのステップ安定時間をとる必要がある．

シーク・エラー　Seek Error

シーク・エラーは，FDDのリード/ライト・ヘッドがステップ信号を与えたのに，目的のトラックに到着しないために起きるエラーのことをいう．

これは，リード/ライト・ヘッドの位置決め機構のステッピング・モータがミス・ステップをすることで起きる．シーク・エラーはほとんど起こらないが，ステップ信号の間隔がFDDの仕様より短いときや，電源電圧が規定よりも低いときや，低温時ヘッド・キャリッジのフリクションが増加したときに起こることがある．

FDDのシーク・エラーのエラー・レートは，10^6シークに1回となっている．

GCR記録方式

GCRとはGroup Coded Recordingの略でハード・ディスク装置などでは使用されているが，FDDへの応用例は少ない．

データを5～6ビットに区切り，これをFDDに記録できるパターン(周波数帯域)の7～8ビットのデータに変換する．つまり，データがまったくなくても，変換のとき適当にパルスが入りFDDに書き込まれる．読取り時には，この逆の変換を行いデータにもどす．

記録密度は高くなるが，変調/復調回路が必要となる．

シリンダ Cylinder

両面ディスクにおいて，そのディスクのサイド0，サイド1の同一番号トラックのペアをシリンダとよぶ．

FDDの場合は一つのシリンダに最大2本のトラックしかないが，記録面の多いハード・ディスクなどでは一つのシリンダ上にヘッド数だけの複数トラックがある．

片面FDDではシリンダとトラックは同じ意味で使用され，従来はトラックと呼ぶことが多かった．

シンク・フィールド Sync Field

IDフィールドおよびデータ・フィールドの頭の部分にあり，おもにVFOの同期(Synchronize)に用いられる．単密度で6バイト，倍密度で12バイトの'00'のデータが記録されており，等間隔のリード・データ・パルスを発生する．シンク・フィールドと，IDおよびデータ・フィールドのデータはアナログ的に連続した継目のないデータでなければならない．このためデータの書込みはこのシンク・フィールドよりスタートする．

スイッチ・フィルタ切替え Switch Filter

書込み補償に対し読出し補償(Post Compensation)ともいう．一般のFDDはディスクに対し内周も外周も同一容量で記録を行うため，外周に比べ内周の記録密度が高くなり，ピーク・シフトの発生量が大きくなってしまう．

このため内周にヘッドがきたとき，データ読出し回路の周波数特性を切り替え，カット・オフ周波数を高くし，分解能を高めることでピーク・シフト量を減少させることができる．

8インチFDDではトラック60より内側で，5¼インチ倍トラックFDDでは，トラック44より内側で切り替えることが多い．ともに倍密度記録時のみ使用する．

ソフト・セクタ方式 Soft Sector

トラック上の各セクタの区切りが，IDフィールドによりソフト的(トラック上に書かれたデータにより)に行われているフォーマットである．代表的なものとしてIBMフォーマットがある．

これと対になるものとしてハード・セクタ方式がある．

タ 行

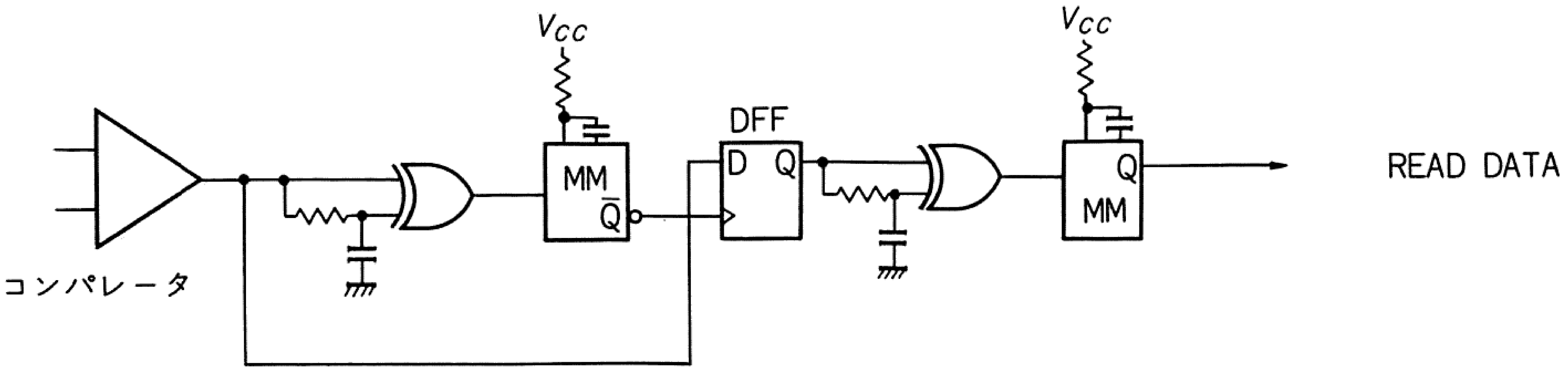
ダイアグノスティック・ディスク Diagnostic Disk

CEディスクはヘッドの位置ずれをアナログの出力信号で測定するものであるが，このダイアグノスティック・ディスクはディジタル的に読み取ったデータからヘッドの位置ずれを測定しようとするものである．

測定トラック上の各セクタのデータは各セクタ毎にIN，OUT方向に少しずつ異なるオフ・トラック量で書き込まれている．このオフ・トラックしたデータがどこまで(何セクタまで)読めたかで概略のヘッド位置が判定できる．分解能が低いため，ヘッド位置チェック用ディスクとしては使用できるが，調整用ディスクとして使用するのはむずかしい．

タイム・ドメイン・フィルタ

読出し回路に使用されているディジタル・フィルタのことで，外部ノイズによる細いヒゲや，再生出力のショルダによるミス・パルスを取り除くためのものである．



《タイム・ドメイン・フィルタ回路例》

タイム・マージン Time Margin

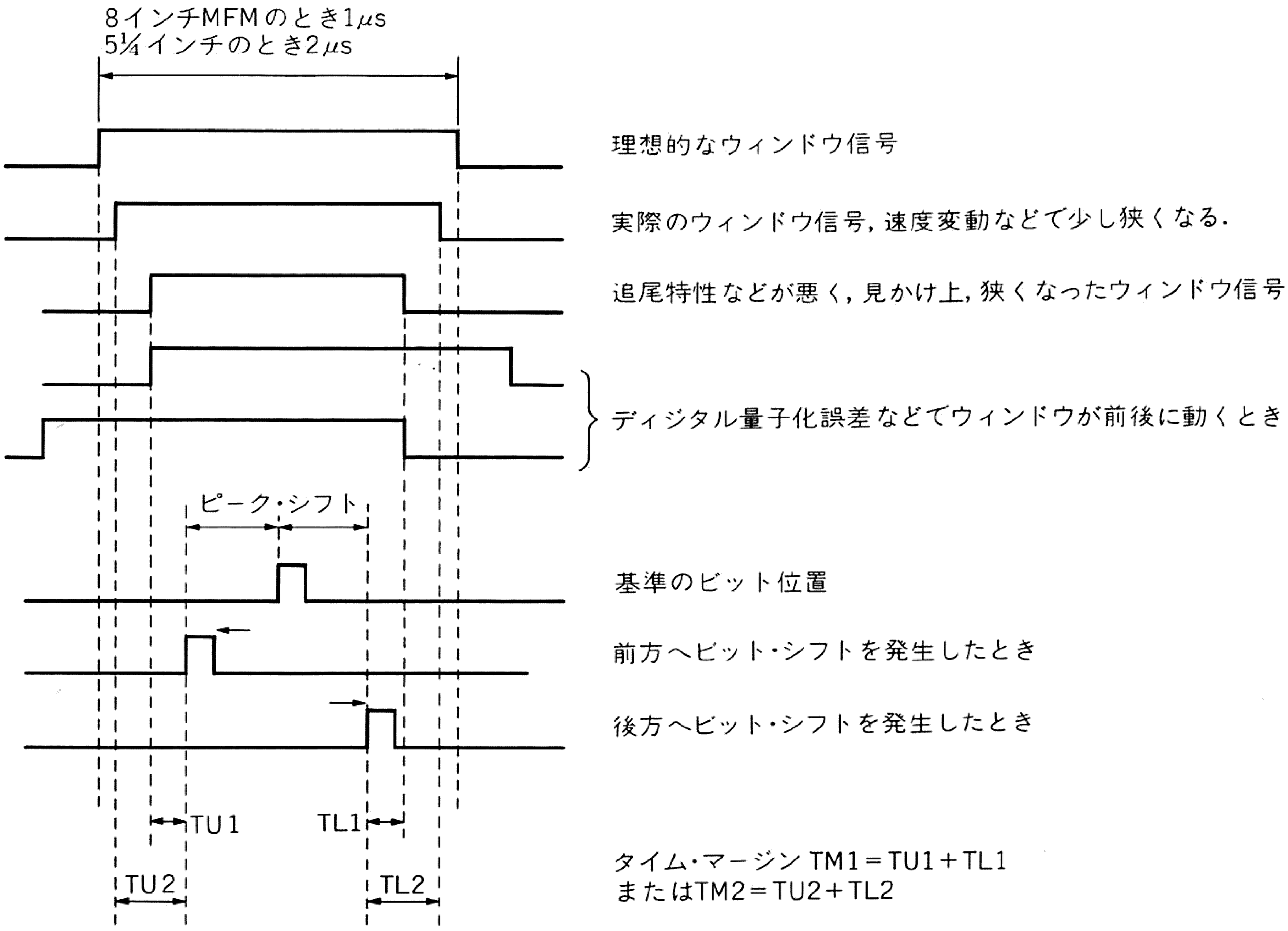
ディスクから読み取った生データは，ピーク・シフト，回転変動などのため，書込み時の基準位置より前後にかなりのビット振れをもっている．

生データはデータ・セパレータによってつくられたウィンドウ信号により，データとクロックに弁別されるが，ウィンドウ信号の幅に対するビット振れをもった生データの前後の時間余裕をタイム・マージンとよぶ．

タイム・マージンはFDDおよびディスクの性能だけでなく，データ・セパレータ(VFO)の性能にも大きく関係する．

FDDおよびディスクはメーカ，機種決定で決まってしまうが，VFO回路についてはシステム・メーカの仕事であり，充分注意した設計をする必要がある．

エラー・レートを充分下げるためには，MFM記録方式のとき8インチFDDで0.3μs以上，5¼インチFDDおよびマイクロFDDで0.6μs以上のタイム・マージンがほしい．ウィンドウ・マージン，フェーズ・マージンと呼ばれることもある．



《タイム・マージン》

タップ・タップ・テスト

両面型ヘッドがディスクに与える損傷具合をみるテストのこと．片面用ヘッドはフェルト状のパッドによりディスクに押し当てられるが，両面ヘッドはヘッドとヘッドがディスクを介して直接当たるため，ヘッドのオン/オフでディスクに傷をつけやすい．

両面8インチFDDが発表されたころは，同一点でヘッドをオン/オフすることを10万回行っても実用に耐える程度の傷つき具合が要求され，各社ともヘッド・ロード機構に工夫をし，エアポット，ロータリ・ソレノイド，電気ブレーキ，特殊なヘッド・ジンバルなどが使用された．しかし，通常の使用状態では，このように同一点でヘッドがオン/オフすることはほとんどなく，最近の規格ではこの回数が1万回程度になっている．

DMA転送

ディスクから読み取ったシリアル・データはFDCで1バイトのパラレル・データに並びなおされCPUまたはメモリへ転送されるが，この転送方法の一つにDMA (Direct Memory Access) チップ(8257 など)を使用したDMA転送がある．8インチFDDの1バイトの転送時間は，理論値は16 μsであるが，実際にはFDDの回転変動，FDCの内部処理時間を考慮すると，1バイトのデータがFDCの中にそろって(DRQ信号がONして)から，11～12 μsで行う必要がある．

DMAはDRQ信号がONするとCPUをウェイト状態にし，FDCのデータ・レジスタからメイン・メモリへ1バイトのデータを直接転送する．

その他のデータ転送の方法としてプログラム転送がある．

ディジタル式データ・セパレータ

カウンタ方式のデータ・セパレータであり，リード・データ・パルスにより適当な値をカウンタにプリセットすることでウィンドウの時間を設定する．

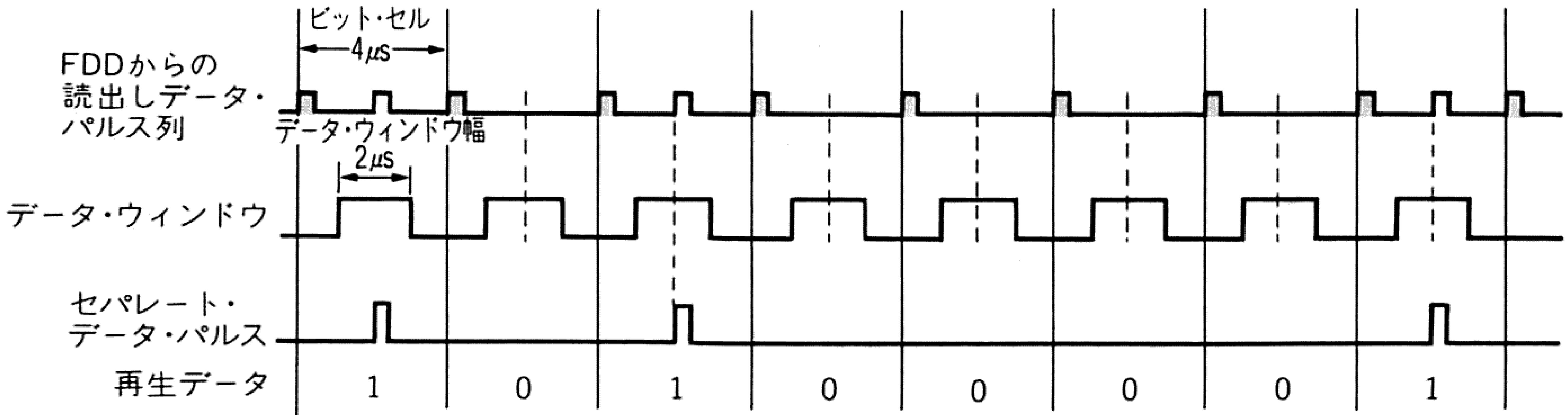
アナログ方式のVFOに比べ，外部回路がまったく不要で8ピンDIPの小型なものも製品化されているが，クロック周波数による量子化誤差が大きいのと，周波数追尾が行われないため，タイム・マージンのロスが大きく，MFM記録用としてはすすめられない．

デフェクティブ・トラック Defective Track

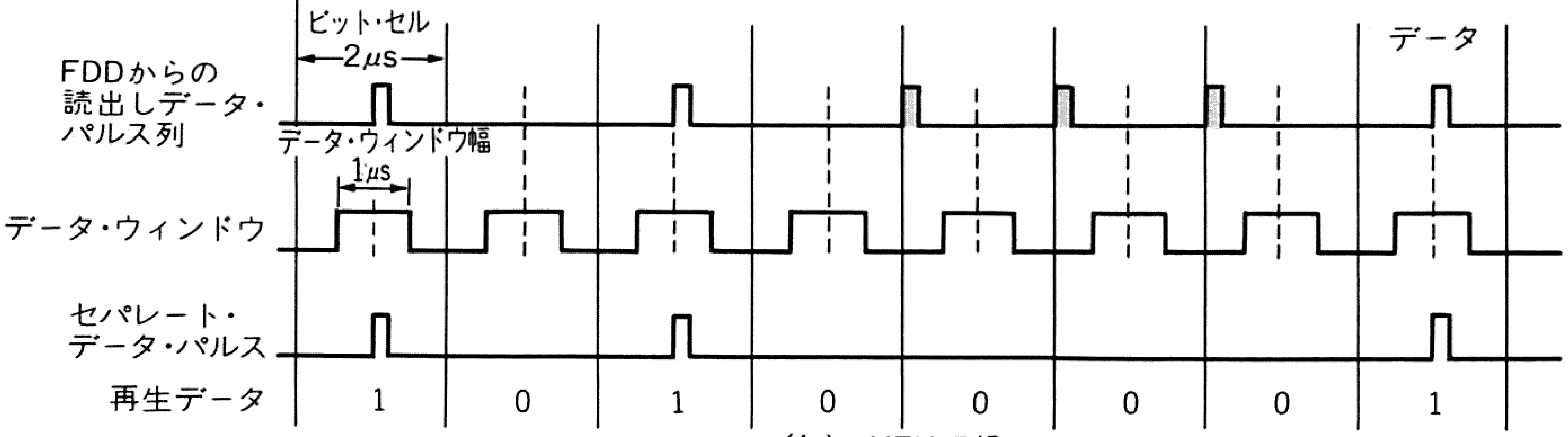
IBMフォーマットで規定された不良トラックの名前．ディスクをイニシャライズするとき正常にイニシャライズできない不良トラックが発見されると，このトラックを無視し，つぎのトラックに前トラックの番号を定義してイニシャライズを行う．つまり不良トラックのあとは物理的なトラック位置とIDフィールドに記録されたトラック番号が異なることになる．この情報はトラック0，サイド0，セクタ5に記録され，システムは新しいディスクがセットされたとき，この情報を読み取り，処理を行う必要がある．

データ・ウィンドウ　Data Window

ディスクに記録されているデータはクロック・ビットとデータ・ビットの混じったFMまたはMFM記録方式で変調されたデータであり，これを読取りデータとして使用するためには，クロック・ビットとデータ・ビットを分けなければならない．これを行うのがデータ・ウィンドウである．つまりデータ・ウィンドウが"H"レベル時のビットがデータ・ビットと認識され，"L"レベル時のビットがクロック・ビットと認識される．データ・ウィンドウの反転信号がクロック・ウィンドウとなる．MFM記録方式のデータ・ウィンドウはVFO回路により作成されることが多い．



（a） FM記録



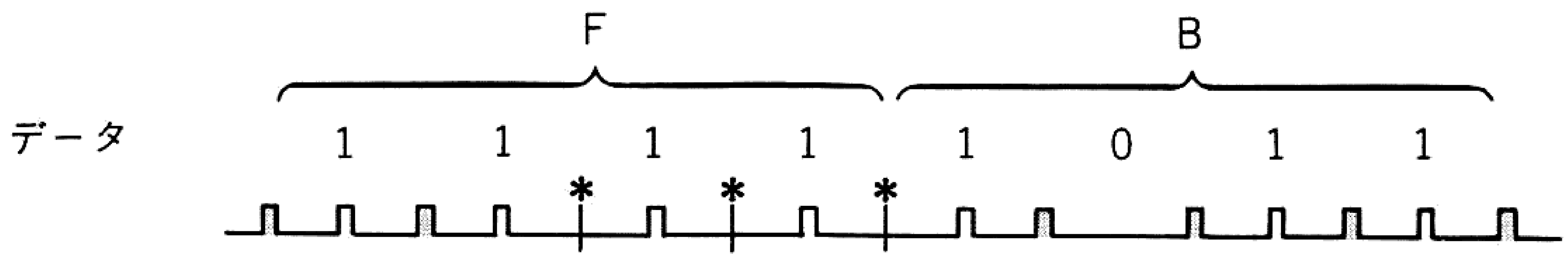
（b） MFM記録

データ互換性

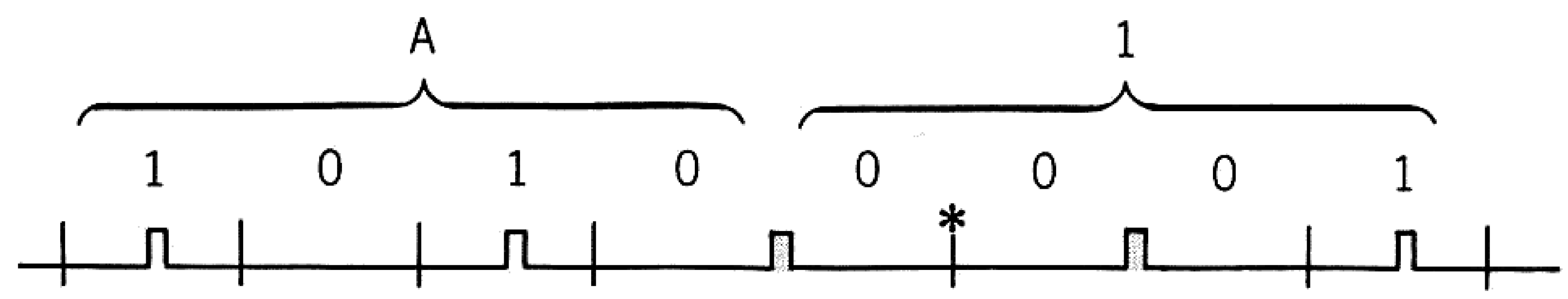
フロッピ・ディスクの大きな特徴のひとつとしてデータ互換性がある．すなわち，あるFDDで書き込まれたディスクは他のFDDで誤りなくデータを読み出すことができ，その逆も可能であるということである．このデータ互換性の前提には，システム側では同じトラック・フォーマットを採用していること，FDD側ではポジショニング精度，インデクス精度などが規格どおりに製作されていること，が条件となる．

データ・マーク　Data Mark

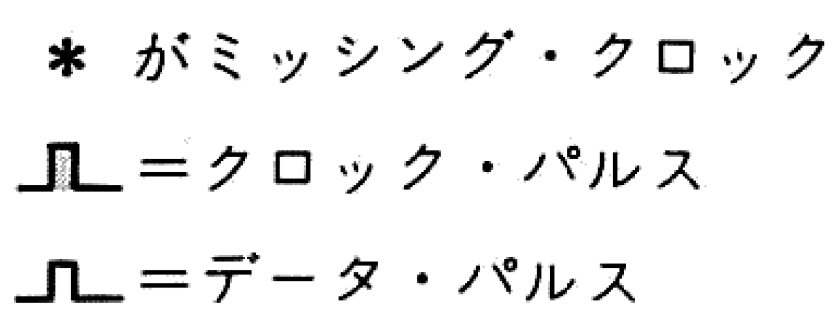
IBMフォーマットにおいて，シンク・フィールドに続き記録され，データ・フィールドの始まりを示すのがデータ・マークであり，FM記録方式ではミッシング・クロックをもった'FB'パターンが使用される．MFM記録方式では同じくミッシング・クロックをもった'A1' パターン3バイトと'FB' 1バイトの計4バイトからなりたっている．



(a) FM記録'FB'パターン



(b) MFM記録'A1'パターン



デリーテッド・データ・マーク　Deleted Data Mark

IBMフォーマットにおいて，データ・フィールドの始まりを示すデータ・マークは'FB'であるが，これとは別にそのセクタのデータを使用しないときに書き込んでおくデータ・マークがデリーテッド・データ・マークである．

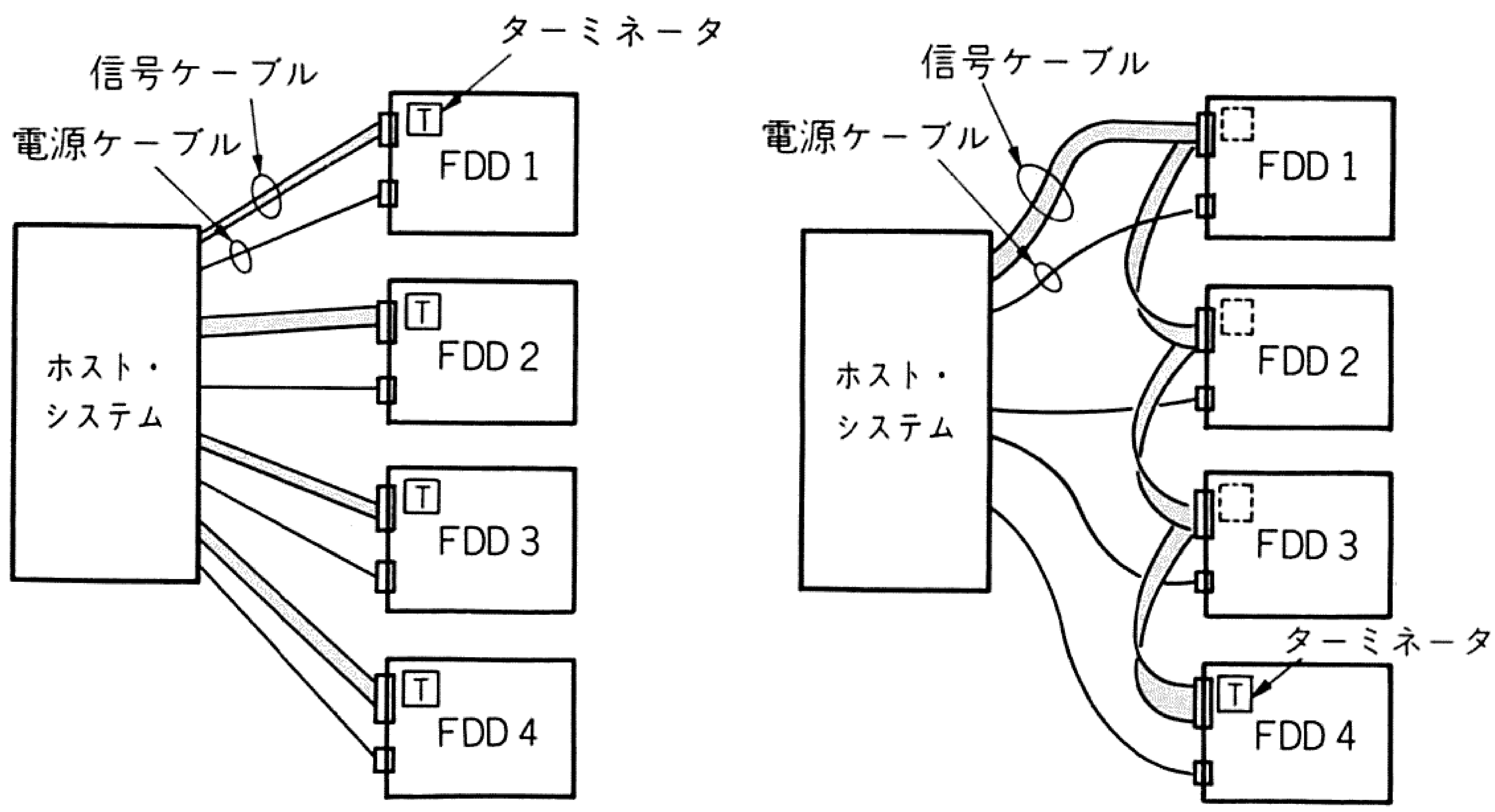
FM記録方式ではミッシング・クロックを含んだ'F8'，MFM記録方式ではミッシング・クロックを含んだ'A1' 3バイトと'F8'の計4バイトで構成されている．

デージ・チェイン接続 Daisy Chain

複数台のFDDをコントロールする場合の接続方式で，コントローラから，それぞれのFDDに1本ずつのケーブルを出して接続する方式と，1本のケーブルに複数個のコネクタを付け，これをそれぞれのFDDに接続する二つの方式がある．このうち前者をスター・チェイン(たこ足接続)，後者をデージ・チェイン(いもづる接続)と呼ぶ．

実装が簡単になるため，デージ・チェインを用いることが多く，ふつう1本のケーブルで4台までのFDDがコントロールできる．デージ・チェインができないFDDもある．

信号ケーブルはデージ・チェイン接続でも，電源ケーブルはスター・チェインが多い．



（a）スター・チェイン （b）デージ・チェイン

トラック Track

ディスク上のデータは，円状に記録され，この記録された同心円1本1本をトラックとよぶ．通常，トラックは最外周が0となり，最内周はディスクのサイズ，トラック密度によって異なる．8インチ・ディスクで76，5¼インチ・48 TPIディスクで34または39，5¼インチ倍トラック・ディスクで79となる．

両面FDDの場合，トラックの物理的な位置はサイド0とサイド1で，4トラックまたは8トラックずれている．サイド1が，このぶん内側に位置しているが，R/Wヘッドも同じだけずれているため，サイド・セレクトによりヘッドを切り替えるだけで，同一シリンダ番号のサイド0，1のトラックが使用できる．

特殊な例としてはIBM 4インチFDDが最内周をトラック0としているのと，3.25インチFDDのヘッドではサイド0よりサイド1のほうが外側に配置されている．

トラック・サーボ Track Servo

FDDが一般的に採用しているトラック密度は8インチで48 TPI, 5¼インチで48か96 TPIである. これはヘッドの位置決めがステッピング・モータによるオープン・ループ方式のため, ディスクの伸び縮み, 位置決め機構の誤差, ディスク・チャッキングの精度などから, これ以上密度が上げられないためである.

より高いトラック密度にするためには, ディスク上に特別に書き込まれた信号を読みとり, この信号でヘッド位置にフィードバックをかけ, トラックとヘッドの位置をあわせることが必要となる. これをトラック・サーボ方式と呼ぶ.

トラック密度 TPI：Track Per Inch

通常は1インチ(25.4 mm)に何本のトラックがあるかで表すため, TPIを単位にしている.

8インチFDDでは48 TPI, 5¼インチFDDでは48 TPIまたは96 TPIがよく使用されている. これらのトラック・ピッチは48 TPIで0.529 mm, 96 TPIで0.2646 mmとなる.

表に示すようにサイズの小さいマイクロFDDは, もうすこし高いトラック密度を使用している. トラック・ピッチをインチでとるか, mmでとるかで, TPIまたはピッチに端数がでるので注意する必要がある.

8 インチ	48 TPI	0.529 mm
5¼ インチ	48 TPI 96 TPI	0.529 mm 0.2646 mm
4 インチ	68 TPI	0.3700 mm*
3.5 インチ	135 TPI 67.5 TPI	0.1875 mm* 0.375 mm*
3.25 インチ	140 TPI	0.1814 mm
3 インチ	100 TPI	0.254 mm

TPIとトラック・ピッチ

＊印は mm で定めてあるため端数はない.
他のものはインチで計算する.

トンネル・イレーズ・ヘッド Tunnel Erase Head

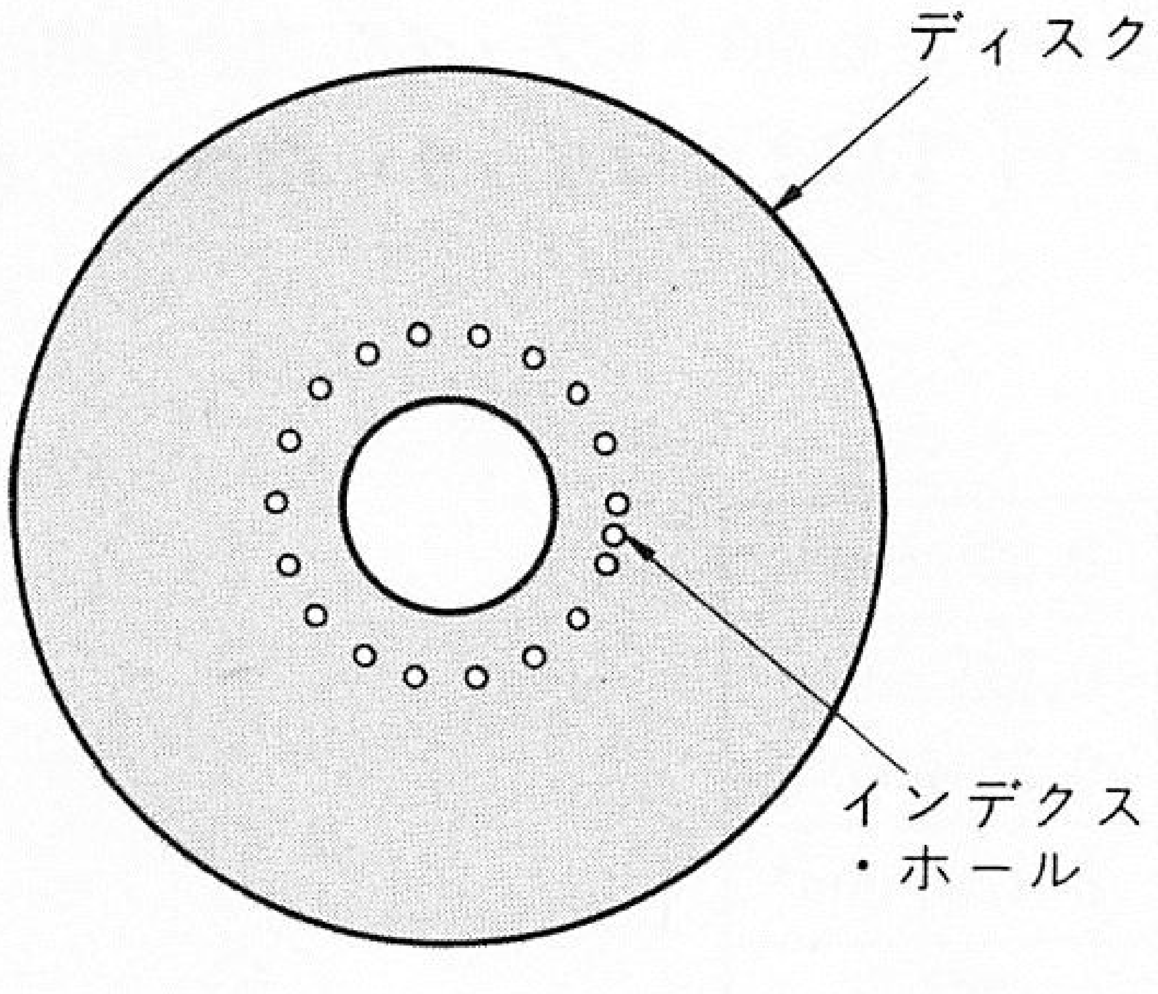
データの書込み, 読出しをするR/Wギャップの後方, 両サイドに互換性のためトラックとトラックの間にデータのない部分をつくるイレーズ・ギャップが配置されたヘッド. これに対応するものとしてはR/Wギャップのすぐ横両サイドにイレーズ・ギャップをもったストラドル・ヘッドがある.

IBMのFDD, およびIBMフォーマットがトンネル・イレーズ・ヘッド用になっているため, これが主流になっている.

ハ 行

ハード・セクタ方式 Hard Sector

トラック上のセクタの区切りが，インデクス・ホールと同じ円周上に複数個あけたセクタ・ホールによるトラック・フォーマットで，このときはIDフィールドを使用せず，セクタ・パルスのカウントでセクタ番号を決める．このためIDフィールドが不要なぶんだけフォーマット時のデータ容量は多くなるが，現在，市販されているFDCにはハード・セクタ用のものがなく，また，IBMがソフト・セクタ方式を使用しているため，ほとんど用いられていない．このハード・セクタ方式を使用する場合は，ヘッドに対するインデクス信号(セクタ・パルス)の位置精度を高める必要があり，ソフト・セクタ用FDDは，そのままでは使用できないこともある．



《ハード・セクタ・ディスク》

《ビット密度》

	TPI	BPI 片面	BPI 両面
8 インチ	48	3268*	6816
5¼ インチ	48	5536	5876
	96	5576	5922
5¼ インチ 高密度	96	――	9646
4 インチ	68	6865*	――
3.5 インチ	135	8187	8717
	67.5	8130	8650
3 インチ	100	8946	9830
3.25 インチ	140	9250	9250

＊はFM記録方式，その他はMFM記録方式．

ビット密度 BPI：Bit Per Inch

通常は1インチ(25.4 mm)にデータを何ビット書き込むかで表すためBPIを単位にする．

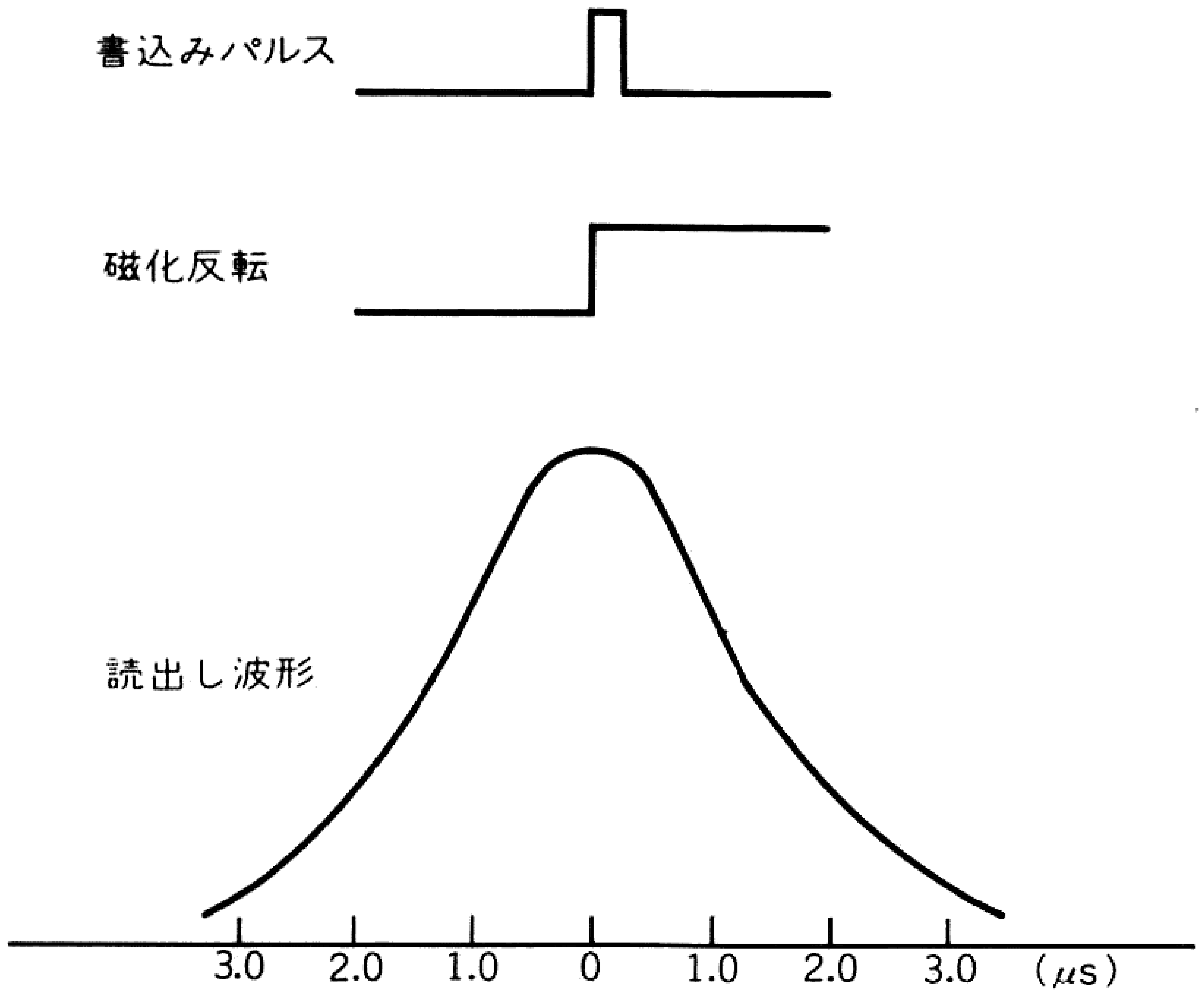
FDDでは記録密度の一番高くなる最内周の値でこれを表し，8インチFDDでは片面・単密度で3268 BPIとなり，両面・倍密度ではサイド1側のヘッドが4トラック内側に位置するため倍より大きくなり，6816 BPIとなる．最近の高密度FDDではこれを，9600 BPI程度まで高めている．

3.25インチではサイド0のほうが内周にあるため，片面/両面で最大ビット密度は変化しない．

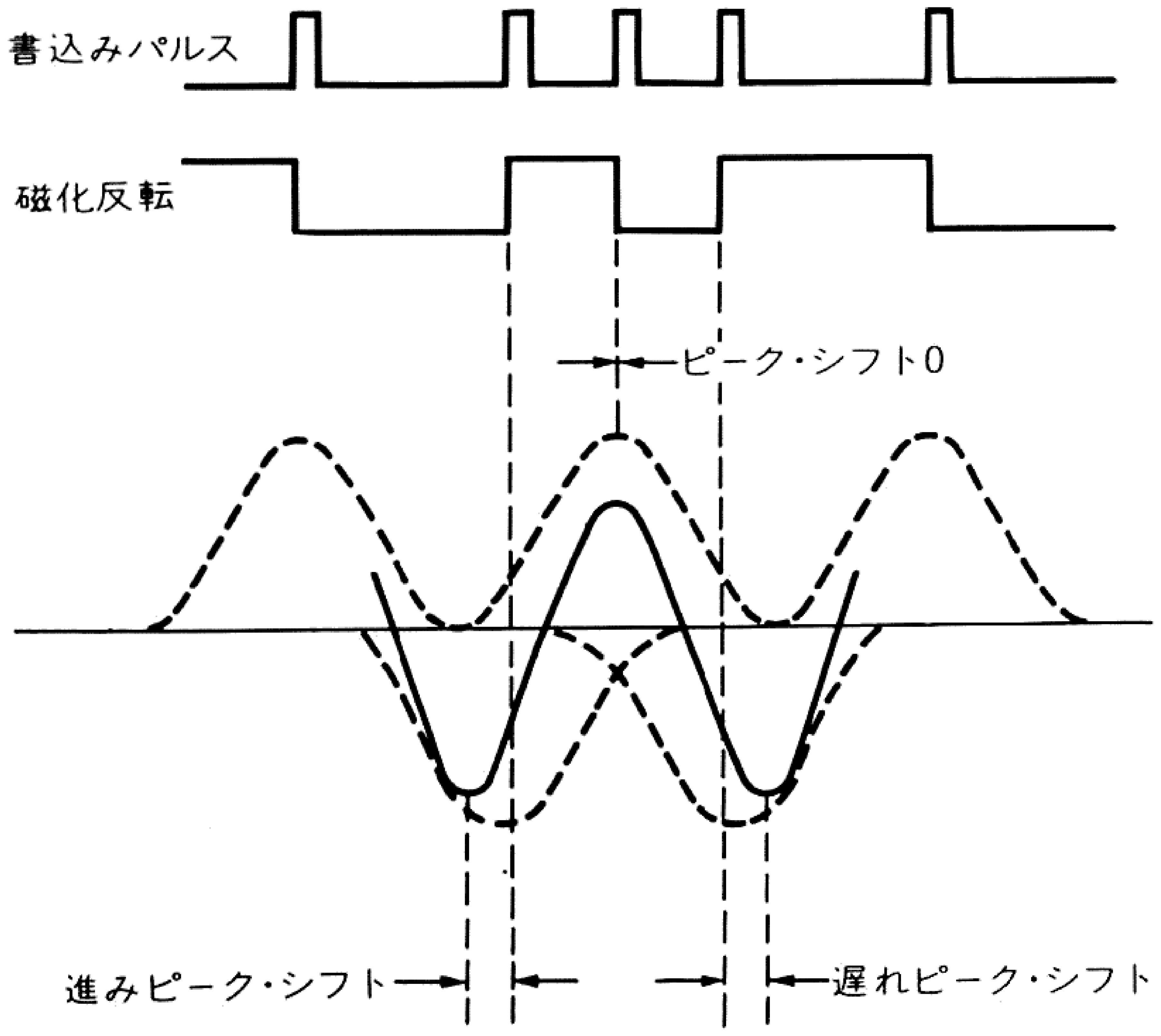
ピーク・シフト Peak Shift

ディスク上に1パルスだけ書き込んだときの出力波形は図(a)に示すように1個の独立波となる．複数のパルスを間隔を変えて書き込むと図(b)に示すように互いの独立波形が干渉し，合成波形ではピークの部分が書き込まれた位置に対しずれを生じる．これをピーク・シフトという．

ピーク・シフトの量は記録密度の高い内周ほど分解能が低くなるため大きくなる．データ・ウィンドウ，クロック・ウィンドウはこのピーク・シフトに対し充分広くなければならない．



(a) 単独波形



(b) 最大ピーク・シフト

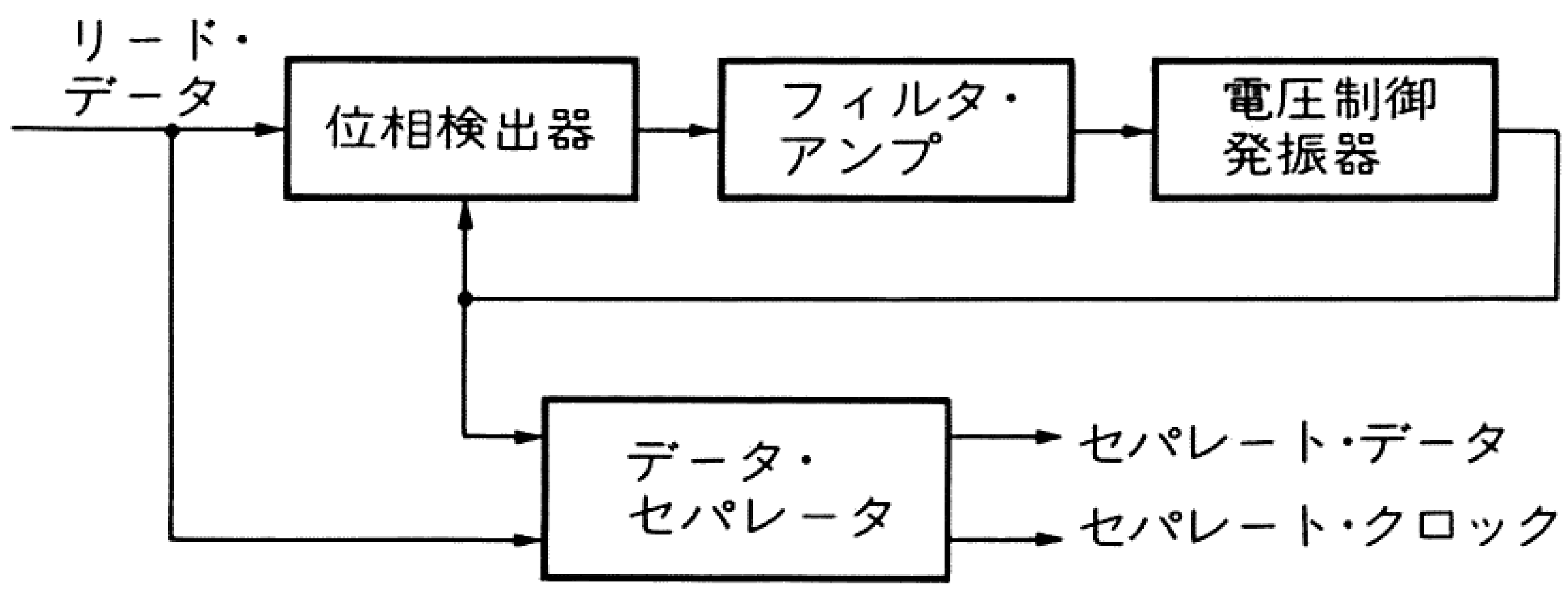
プログラム転送

DMA転送と対になるもので，単密度や5 ¼インチFDDのときに使用される．リードまたはライト・モードになるとCPUはつねにDRQ信号をチェックする．DRQ信号がONするとFDCのデータ・レジスタから1バイトのデータを読みとり，これを目的のメイン・メモリへ転送する．このあと転送バイト数のチェック，転送先メモリ番地のカウント・アップ，エラー・チェックなどを行い，DRQ信号チェックへもどる．このルーチンはZ80Aでも最大20～30 μs程度必要であり，1バイトの転送時間が16 μs程度の8インチMFM記録で使用するのはむずかしい．

VFOデータ・セパレータ

VFOとは，可変周波数発振器(Variable Frequency Oscillator)の略．

MFM記録方式では，FM記録方式で用いていたクロック・ビットをたよりにデータ・ビット用のウィンドウを発生させる方法が使用できない．そこで，VFOはフロッピ・ディスクからのリード・データ中にクロック・ビットがなくても，データ・ビット用ウィンドウと，クロック・ビット用のウィンドウを正確に発生させる役目をもつ．MFM記録方式には必要不可欠なものである．下図にVFOの構成例を示す．最近はFDD専用の1チップ型VFO-LSIが販売されている．



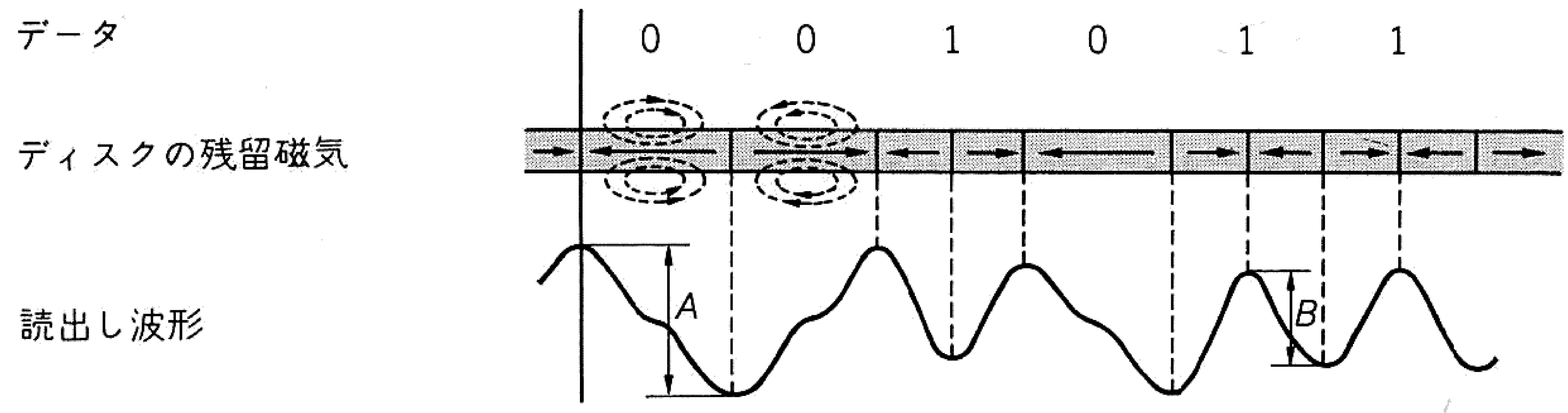
《VFO データ・セパレータの構成例》

分解能 Resolution

ディスクから読み取ったヘッド出力，または，これをフラットな周波数特性のプリアンプで増幅したあとのアナログ出力において，単密度記録で'00'(8インチFDDで4 μs間隔のパルス)を書き込んだときの出力と，同じく'FF'(2 μs間隔のパルス)を書き込んだときの出力電圧の比を分解能という．

分解能＝('FF'のときの出力/'00'のときの出力)×100%

FDDおよびディスクの性能を示す一つのファクタになる．通常の表示は最内周のトラックの値で示す．分解能は高すぎても正常なリード・データが再生できなくなるため，フィルタ回路で適当な値に調整され，微分回路，リード・データ・パルス再生回路に入る．



$$分解能=\frac{B:情報“1”の時の出力}{A:情報“0”の時の出力}\times 100\%$$

ヘッド位置決め精度

ディスクのトラック位置は，8インチ・ディスク，5¼インチ・ディスクとも，JIS，ISO，ANSIなどの規格で定められている．

8インチ・ディスクではディスクの中心からトラック中心までの距離は下記のようになる．

$$R_{n0}(\mathrm{mm})=51.537+\left(\frac{76-n}{48}\right)\times 25.4$$

（片面FDD，両面FDDサイド0）

$$R_{n1}(\mathrm{mm})=49.421+\left(\frac{76-n}{48}\right)\times 25.4$$

（両面FDD，サイド1）

5¼インチ・ディスクは下記のようになる．

$$R_{n0}(\mathrm{mm})=57.151-\frac{n}{T}\times 25.4$$

（片面FDD，両面FDDサイド0）

$$R_{n1}(\mathrm{mm})=55.034-\frac{n}{T}\times 25.4$$

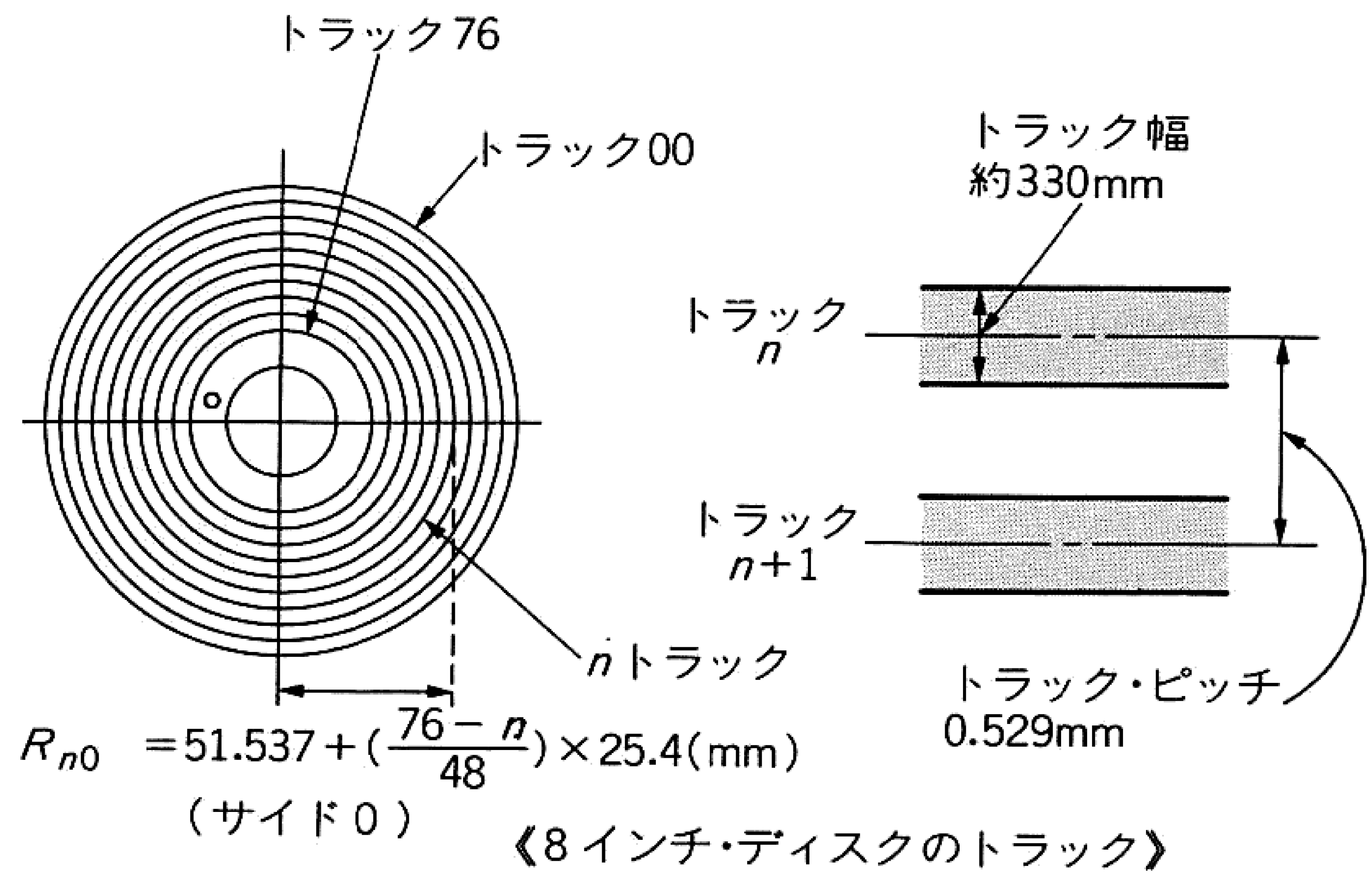
（両面FDD，サイド1）

R_{n0}，R_{n1}：ディスク中心からトラック中心までの距離

n：トラック番号

T：トラック密度（48または96）

ヘッド位置決め精度（ポジショニング精度）とは，あるトラック（8インチ・ディスクでは，トラック38か40，5¼インチではトラック16か32）でのヘッドの位置決め精度のことをいう．この精度の測定には，CEディスクが使用される．



《8インチ・ディスクのトラック》

ヘッド・ロード Head Load

FDDはハード・ディスク装置などと異なり，データ書込み/読出し時，つねにヘッドとディスクは接触している．ヘッドおよびディスクの寿命をのばすためには，書込み/読出しを行わないときはヘッドをディスクから離すことが必要になる．これを行うのがヘッド・ロード機構である．最近の，とくに5¼インチFDDでは，コスト・ダウン，発熱対策のため，このヘッド・ロード機構をもたず，ディスクがセットされたら，つねにヘッドがディスクと接触したままのものがあるが，ヘッドとディスクの寿命，信頼性および処理の高速化を考えると，ヘッド・ロード機構はほしいものである．

ヘッド・ロード信号がONしたあと，ヘッドとディスクが接触し，正常に読出し/書込みができるようになるまで50 ms程度のヘッド・ロード時間が必要となる．

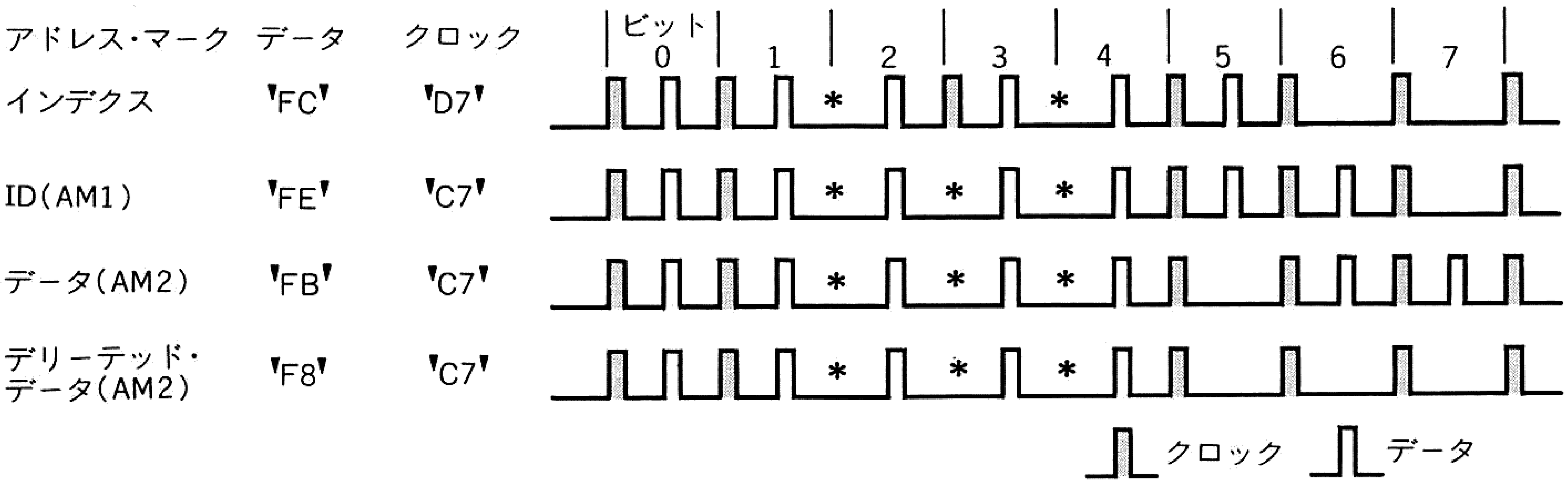
マイクロFDDではスペース上の問題もあり，この機構はほとんど使用されていない．

マ 行

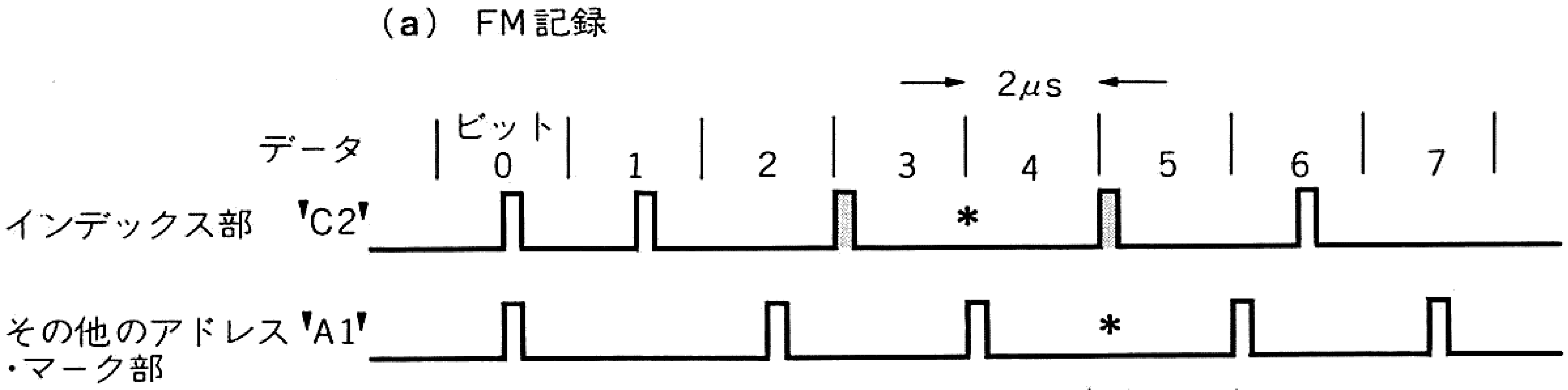
ミッシング・クロック Missing Clock

ディスクに記録されるデータはFM記録，MFM記録とも，そのデータ・ビット列にそれぞれの変調方式でクロック・ビットが追加される．

IDフィールドおよびデータ・フィールドの先頭にあるアドレス・マーク，データ・マークなどのマークは，他のデータ・パターンと間違えないよう，この規則からはずれ，1～3ビットのクロック・パルスが省かれている．このようにして，省かれたクロック・パルスをミッシング・クロックと呼ぶ．



(a) FM記録



(b) MFM記録 ＊がミッシング・クロック

ラ 行

ライト・プロテクト Write Protect

重要なデータを操作ミスなどで消去しないように，書込みを禁止する方法のことである．

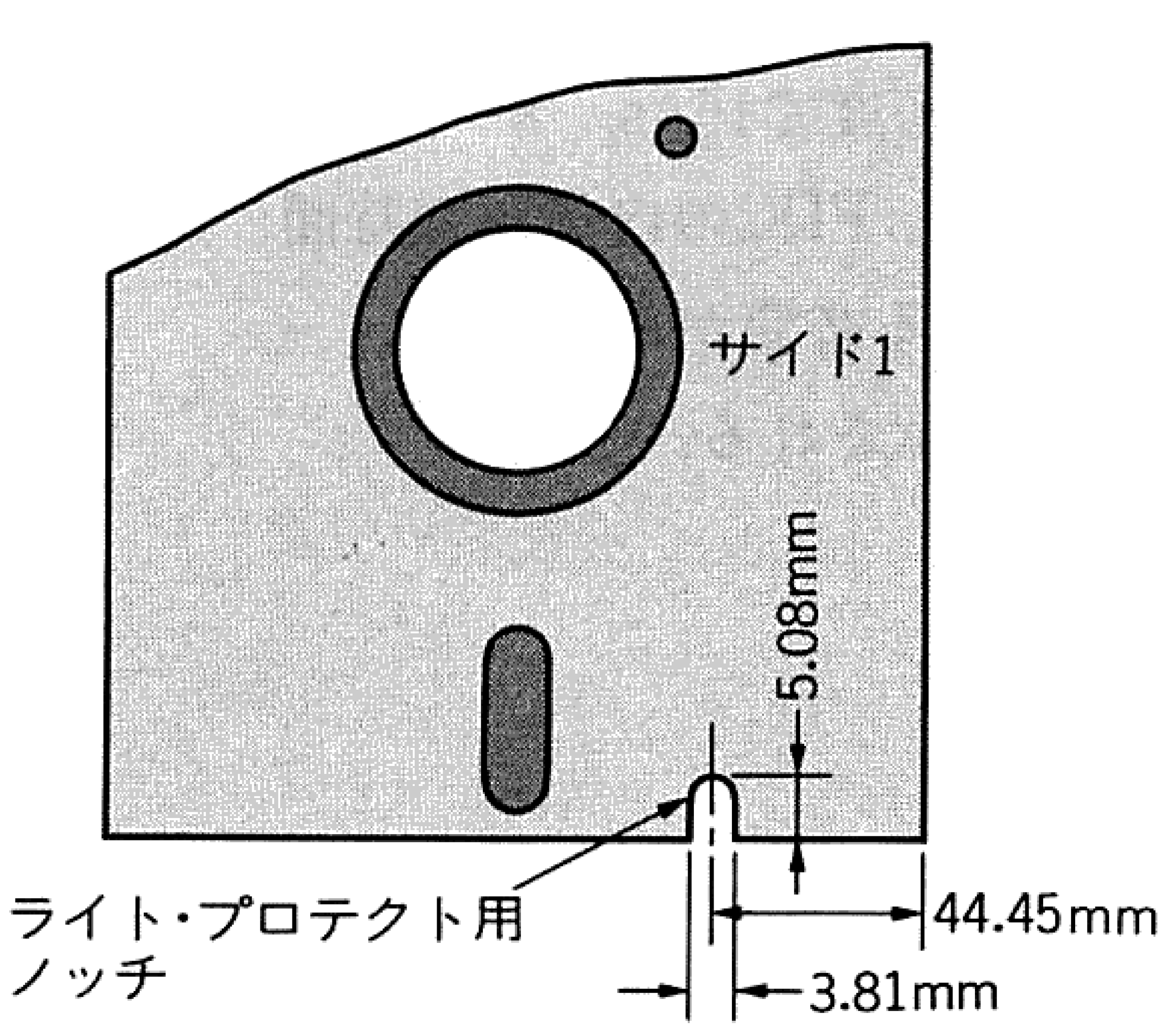
ディスクへあらかじめ書込み禁止マークを記録しておきソフト的に書込みを禁止する方法と，ジャケットの書込み禁止を示すライト・プロテクト・ノッチを発光ダイオードとフォト・トランジスタで検出するか，リミット・スイッチで検出する方法がある．

8インチ・ディスク，5¼インチ・ディスクともISO規格で，ノッチの位置は図(a)，図(b)のように定められている．

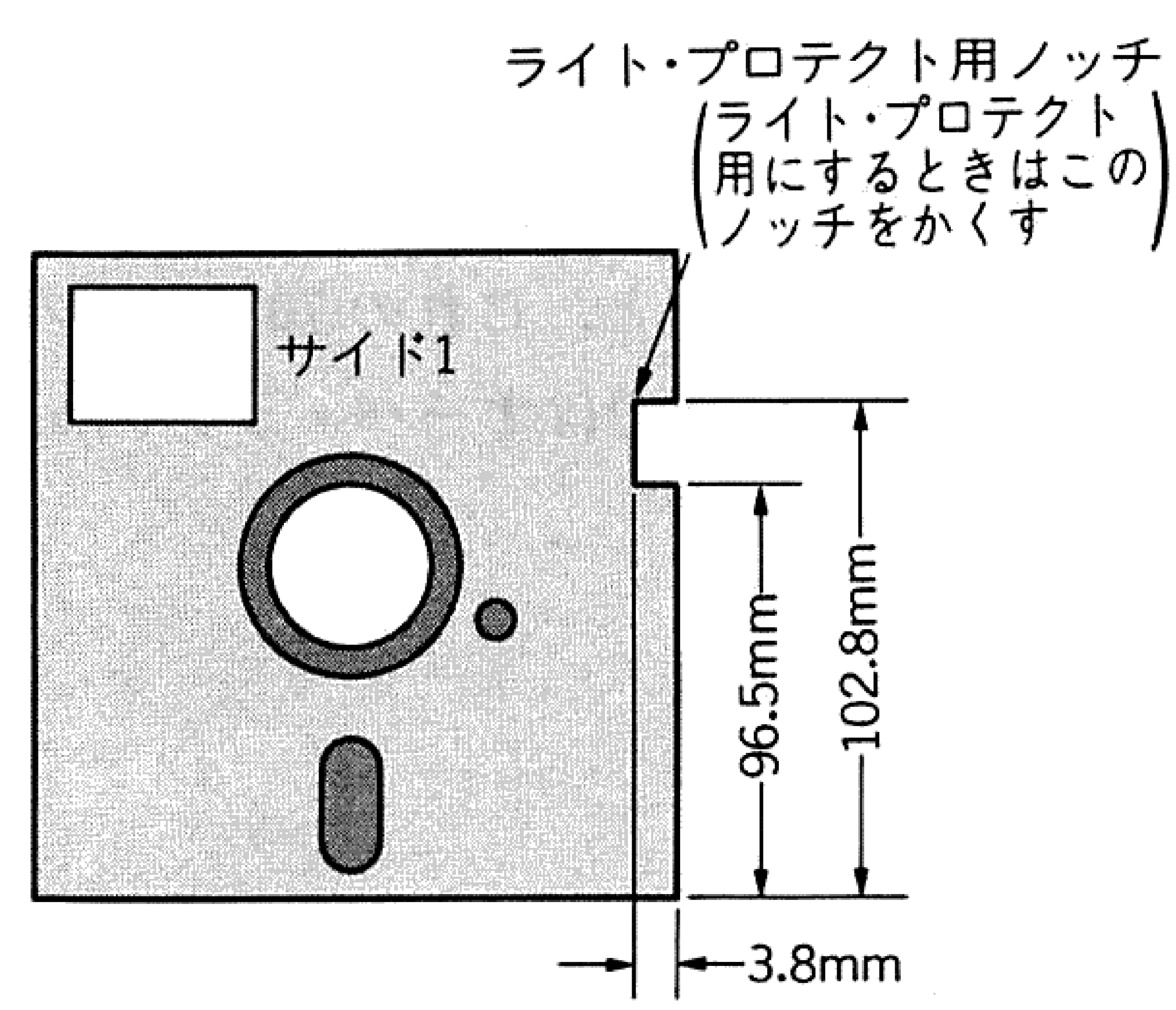
8インチ・ディスクは，ノッチのあるものとないものの2種あり，ノッチのあるものが書込み禁止用フロッピ・ディスクとなる．

5¼インチ・フロッピ・ディスクにはかならずノッチがついているが，8インチ・フロッピ・ディスクの場合とは逆に書込み禁止用は，このノッチにアルミ箔などをはりつける．

マイクロFDDのうち3インチ，3.5インチについてはスライド・スイッチによりライト・プロテクトの設定ができる．



(a) 8インチ・フロッピ・ディスク・ライト・プロテクト用ノッチの位置と寸法



(b) 5¼インチ・フロッピ・ディスク・ライト・プロテクト用ノッチの位置と寸法

リード・エラー・レート Read Error Rate

FDDの標準的なエラー・レートは，ハード・エラーが10^{12}ビットに1回，ソフト・エラーが10^{9}ビットに1回となっている．

ソフト・エラーは，フロッピ・ディスクとリード/ライト・ヘッドの間に入った一時的なゴミや電気的ノイズなどで発生する．

このソフト・エラーは，繰り返してリードすれば回復するので，リカバブル・エラーとよばれることもある．

繰り返してリードしてもエラーが回復できない場合は，ハード・エラーと呼ばれ，フロッピ・ディスクを捨てるか，あるいは指定されたスペア・トラックを使う必要がある．また，ヘッドがよごれた場合もエラーが発生しやすくなるため，エラーが増加したときはヘッドをクリーニング・ディスクなどでクリーニングしてみる必要がある．

リストア/リキャリブレート Restore/Recalibrate

FD179X, MB887Xシリーズのでは FDCではリストア，μPD765 シリーズではリキャリブレートと呼んでいる．FDDは電源ON時，ヘッドのトラック位置は不明であり，必ずヘッドをトラック 0 までもどし，FDC内のトラック・カウンタをリセットしカウンタとヘッド位置を合わせる必要がある．このヘッドをトラック 0 にもどす動作をリストアまたはリキャリブレートとよぶ．

シーク・エラーを発生したときも，このモードでヘッド位置を確認し，シーク・リトライを実行する必要がある．

ロスト・データ・エラー Lost Data Error

FD179XシリーズのFDCにおいて，データ書込みまたは読取り時にFDCから発するデータ転送要求信号(DRQ信号)に対し必要な時間内にデータ転送が終了しないときセットされるエラーである．1バイトごとの理論的な転送時間は 8 インチ倍密度で16μs，8 インチ単密度および 5¼インチ倍密度で 32μs, 5¼インチ単密度で 64μsであるが，FDCの内部処理時間，ディスクの回転変動を考慮すると，これの 70%程度の時間内で処理する必要がある．

μPD765 シリーズではオーバ・ラン(over run)エラーで示される．

参考文献

1） 手嶋,「両面倍密度フロッピー・ディスクのすべて」,『インターフェース』, 1979年7月

2） 橋本,「倍トラック・両面・倍密度ミニ FDD」,『電子科学』, 1981年9月

3） 桑原,「小型化と大容量化で守備範囲が大幅に広がったフロッピー・ディスク装置」,『日経エレクトロニクス』, 1982年4月12日

4） 巽, 酒井,『実戦的フロッピーディスク装置入門』, 産報出版

5） 日本通信技術,「薄形高密度ミニフレキシブルディスク駆動装置」特別セミナ・テキスト

6） ウェスタン・ディジタル,「FD179X-02 仕様書」,「WD279X-01 仕様書」

7） 富士通,「MB8876, MB8877 ユーザーズマニュアル」

8） NEC,「μPD765A/745/7265 FDC ユーザーズ・マニュアル」

9） 日立製作所,「フロッピーディスク用 VFO IC, HA16632AP 新製品速報」

10） 諏訪精工舎,「SED9420C, SED9421C 暫定仕様書」

11） SMC,「Floppy Disk Data Separator FDC9216B」マニュアル

12） ワイ・イー・データ,「VFO・LSI 説明書」

13） IBM, *IBM Diskette 1, 2 and 2D Original Equipment Manufactures Information,* GA21-9388-0

14） IBM, *The IBM Diskette General Information manual,* GA21-9182-3

15） ワイ・イー・データ, 各種 FDD およびコントローラ製品仕様書

16） 山口, 高橋,「フロッピー・ディスク基礎用語」,『エレクトロニクス』, 1979年10月

17） IBM341 Four Inch Diskette Drive Description and Maintenance Information

18） 桑原,「規格統一成らず四つの仕様が併存する 3〜4 インチ・フロッピー・ディスク」,『日経エレクトロニクス』, 1983年7月18日

19） 中山,「3.5 インチ・マイクロ・フロッピィ・ディスク」,『電子技術』, 1981年10月

20） 関, 伊藤, 友納,「高密度薄型ミニ・フロッピィ・ディスク・ドライブ」,『National Technical Report』Vol. 28 No. 5 Oct. 1982

21） 嘉本, 伊藤, 小柳,「3.5 インチ・マイクロ・フロッピ・システムの設計」,『インターフェース』, 1983年5月

22) P. KENEALY, "Market snapshot : floppy disk drive," *MINI-MICRO SYSTEMS,* 1983年2月
23) 三瓶,「3インチ・コンパクト・フロッピ・システムの設計」,『インターフェース』, 1983年5月
24)「2万BPI, 9.6Mバイトの8インチ・フロッピーを製品化」,『日経エレクトロニクス』, 1983年11月21日
25) 佐藤,『ディスク・コントロール用LSI MB8876Aの概要と応用』, 日本工業技術センター・セミナ・テキスト
26)「記録密度65.5k BPI, 容量4Mバイトの垂直フロッピ・ディスク装置とヘッドを試作」,『日経エレクトロニクス』, 1983年4月25日
27) ソニー,「OA-D30V OEMマニュアル」

索　引

【マ　行】

【ヤ　行】

【ラ　行】

【数　字】

著者略歴

高橋(たかはし) 昇司(しょうじ)

1952年　埼玉県に生まれる

1970年　株式会社安川電機製作所入社

1973年　同社退社

1974年　株式会社ワイ・イー・データ入社

1975年　東京電機大学電子工学科卒業

1983年　株式会社ワイ・イー・データ退社

同年シチズン時計株式会社入社

最新フロッピ・ディスク装置とその応用ノウハウ

昭和59年6月10日　初版発行

著者　高橋昇司

発行人　飛坐博

発行所　CQ出版株式会社

東京都豊島区巣鴨1－14－2　(〒170)

電話 (947) 6311 (代) 振替東京0-10665

定価 1,400円

乱丁，落丁本はお取り替えします

写植　都写真植字社／印刷・製本　美和印刷

ISBN4-7898-3656-8 C3055 ¥1400E

CQ出版社 定価1,400円 ISBN4-7898-3656-8 C3055 ¥1400E

